



Juha Väisänen

Tien tietomallipohjaisen rakennussuunnitelman sisältö- ja tarkkuusvaatimukset

Diplomityö, joka on jätetty opinnäytteenä tarkastettavaksi
diplomi-insinöörin tutkintoa varten.

Espoossa 27.11.2017

Valvoja: Professori Terhi Pellinen

Ohjaajat: DI Juha Liukas, DI Tarmo Savolainen

Tekijä Juha Väisänen

Työn nimi Tien tietomallipohjaisen rakennussuunnitelman sisältö- ja tarkkuusvaatimukset

Koulutusohjelma Yhdyskunta- ja ympäristötekniikka

Pääaine Liikenne- ja tietekniikka

Koodi R3004

Työn valvoja Professori Terhi Pellinen

Työn ohjaajat DI Juha Liukas ja DI Tarmo Savolainen

Päivämäärä 27.11.2017

Sivumäärä 94 + 22

Kieli suomi

Tiivistelmä

Tietomallintamisella on merkittäviä hyötyjä infran suunnittelussa ja rakentamisessa. Eri-tyisesti tien rakennussuunnittelua ja rakentamista voidaan tehostaa tietomallipohjaisilla toimintatavoilla huomattavasti. Tehostaminen edellyttää kuitenkin yhtenäiset ohjeet, vaatimukset ja määrittelyt. Tämän diplomityön tavoitteina oli laatia tien tietomallipohjaisen rakennussuunnitelman sisältö- ja tarkkuusvaatimukset sekä määritellä rakennussuunnitelmamallin ja toteutusmallin välinen ero.

Tämä diplomityö koostuu kirjallisuustutkimuksesta ja haastattelututkimuksesta. Kirjallisuustutkimuksessa perehdyttiin tiensuunnittelun vaiheisiin ja tien rakentamiseen, tiehankkeissa käytettäviin hanke- ja urakkamuotoihin sekä infrahankkeiden tietomallintamiseen. Lisäksi kirjallisuustutkimuksessa peilattiin perinteisen tien rakennussuunnitelman sisältöä ja esitystapaa nykyisiin tietomalliohjeisiin, minkä pohjalta laadittiin alustava esitys tien tietomallipohjaisen rakennussuunnitelman sisällöksi ja tarkkuudeksi. Haastattelututkimuksessa kerättiin aineistoa kirjallisuustutkimuksen tueksi haastattele-malla asiantuntijoita tilaajien, suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden organisaatioista. Lopullinen ehdotus tien tietomallipohjaisen rakennussuunnitelman sisällöksi ja tarkkuudeksi muokattiin alustavasta esityksestä haastattelututkimuksessa saatujen kommenttien ja huomioiden perusteella. Tutkimuksessa ei käsitelty ratoja, vesiväyliä, siltoja tai tunneleita.

Tietomallipohjaisessa rakennussuunnitelmassa ei tarvitse esittää yhtä paljon päällekkäistä tietoa kuin perinteisessä rakennussuunnitelmassa. Tietomallipohjaiseen rakennussuunnitelmaan voidaan koostaa luettelot automatisoidusti. Eri tahojen välistä yhteistyötä ja vuorovaikutusta tiehankkeissa voidaan lisätä käyttämällä interaktiivisia urakka-muotoja. Rakennussuunnitelmamallin ja toteutusmallin välillä havaittiin sekä sisällöllisiä eroja että terminologinen ero.

Avainsanat tien rakennussuunnitelma, tietomallinnus, rakennussuunnitelmamalli, toteutusmalli, InfraBIM



Author Juha Väisänen

Title of thesis The content and detail requirements of a model-based road construction plan

Degree programme Civil and Environmental Engineering

Major Transportation and Highway Engineering

Code R3004

Thesis supervisor Professor Terhi Pellinen

Thesis advisors Juha Liukas, M.Sc. (Tech.), and Tarmo Savolainen, M.Sc. (Tech)

Date 27th Nov. 2017

Number of pages 94 + 22

Language Finnish

Abstract

Building information modelling has significant benefits in infrastructure design and construction. Particularly in road construction planning and construction phases, model-based procedures can be beneficial. However, consistent instructions, requirements and definitions are needed to be able to obtain the benefits. Producing the content and detail requirements of a model-based road construction plan and defining the difference between a construction design model and a planning model were the objectives of this master's thesis.

The thesis consists of a literature study and an interview study. The literature study investigates both the design and construction phases, as well as the contract forms used in road projects and the building information modelling in infrastructure projects. Furthermore, a traditional road construction plan was compared with the current instructions of building information modelling for infrastructure. A preliminary layout of the content and detail requirements was produced based on the comparison. To support the literature study, regional and governmental officials, consultants and contractors were interviewed. The final proposition for the content and detail requirements was a modified version of the preliminary layout based on the comments of the interviewees. Railways, waterways, bridges and tunnels were not included in the thesis.

Overlapping content can be reduced when shifting from a traditional road construction plan to a model-based one. Furthermore, catalogues can be generated automatically. The cooperation and interaction between parties in road projects can be increased by utilising interactive contract forms. The study observed content and terminology differences between a construction design model and a planning model.

Keywords road construction plan, building information modelling, construction design model, planning model, InfraBIM

Alkusanat

Perinteisen rakennussuunnitelman ja tietomallipohjaisen rakennussuunnitelman eroja ei ole aiemmin tutkittu tässä diplomityössä käsitellyllä tavalla, jossa perehdytään perinteisen rakennussuunnitelman sisällöstä ja esitystavasta annetun ohjeistuksen soveltuvuutta tietomallipohjaiseen toimintatapaan. Lisäksi diplomityössä kerättyä aineistoa voidaan käyttää hyödyksi Yleisten Inframallivaatimusten päivitystä tehtäessä, joten diplomityön aihe on ollut ajankohtainen.

*Tämä diplomityö on tehty Sito Oy:ssä Liikenneviraston tilaamana. Diplomityön ohjaajina ovat toimineet Juha Liukas Sito Oy:stä ja Tarmo Savolainen Liikennevirastosta. Ohjaajien lisäksi työn ohjausryhmään ovat osallistuneet Liikennevirastosta Jenna Johansson, Matti Ryyänen, Ari Mäkelä, Esa Sirkiä ja Joel Paananen. Työn valvojana on toiminut tietekniikan professori Terhi Pellinen Aalto-yliopistosta. Haluan esittää kiitokset Liikennevirastolle työn rahoittamisesta ja mahdollisuudesta tehdä työ ajankohtaisesta, mielenkiintoisesta ja haastavasta aiheesta. Haluan kiittää myös työn valvojaa, ohjaajia ja ohjausryhmään osallistuneita henkilöitä arvokkaista kommenteista ja näkemyksistä koko työn ajan. Lisäksi esitän kiitokset kaikille haastatteluihin osallistuneille henkilöille antoisista keskusteluista. Kiitokset myös Jarkko Valtoselle kommenteista diplomityön kieli-
asuun ja oikeakielisyyteen.*

Kiitokset kollegoilleni ja esimiehilleni Sito Oy:ssä tuesta ja avusta diplomityöprosessin aikana. Olen saanut lukuisia uusia tuttavuuksia opiskeluvuosinani Otaniemessä. Kiitokset myös kaikille opiskelukavereilleni hauskoista vuosista Otaniemessä.

Lopuksi haluan kiittää perhettäni, läheisiäni ja ystäviäni saamastani tuesta ja kannustuksesta opiskeluvuosien ja erityisesti diplomityön tekemisen aikana.

Espoossa 27.11.2017

Juha Väisänen

Sisällysluettelo

Tiivistelmä

Abstract

Alkusanat

Sisällysluettelo	5
Käsitteet ja lyhenteet	7
1 Johdanto	10
1.1 Tutkimuksen tausta	10
1.2 Tutkimusongelma ja -kysymykset	10
1.3 Tutkimuksen tavoite ja tutkimusmenetelmät	11
1.4 Tutkimuksen rajaukset	11
1.5 Tutkimuksen rakenne ja sisältö	12
2 Tiehankkeet	13
2.1 Suunnitteluvaiheet ja rakentaminen	13
2.1.1 Liikennejärjestelmän suunnittelu	13
2.1.2 Esiselvitykset	13
2.1.3 Yleissuunnittelu	15
2.1.4 Tiesuunnitelma	18
2.1.5 Rakennussuunnitelma	20
2.1.6 Tien rakentaminen	24
2.2 Hanke- ja urakkamuodot	25
2.2.1 Kokonaisurakka (KU)	25
2.2.2 Suunnittele ja toteuta -urakka (ST)	26
2.2.3 Elinkaarimalli (PPP)	27
2.2.4 Allianssimalli	28
3 Tietomallintaminen infrahankkeissa	30
3.1 Historia, kehitys ja hyödyt	30
3.2 Ohjekokonaisuus	32
3.3 Mallinnus eri hankevaiheissa	44
3.4 Mallinnuksen kehitystilanne ja tulevaisuuden näkymät	50
4 Tien rakennussuunnitelma ja tietomallintaminen	52
5 Haastattelututkimus	62
5.1 Haastattelututkimuksen kuvaus	62
5.2 Haastattelut	62
5.3 Haastattelukysymykset	63
5.4 Haastatteluaineisto	63
5.5 Tulosten luotettavuus ja yleistettävyys	80
6 Tulosten analyysi ja päätelmät	81

	6
6.1 Kirjallisuustutkimus	81
6.2 Haastattelututkimus	82
7 Yhteenveto ja suositukset	89
Lähteluettelo.....	90
Liiteluettelo	94
Liitteet	

Käsitteet ja lyhenteet

BIM ja InfraBIM

Building Information Model eli vapaasti suomennettuna rakennuksen tietomalli. Infra-alalla on puhuttu vastaavasti InfraBIM-termistä. Termiä BIM voidaan kuitenkin käyttää myös infra-alalla building-sanasta huolimatta, mutta usein käytetään selvennyksen vuoksi etuliitettä infra.

bSF

buildingSMART Finland on suomalaisten kiinteistö- ja infra-alan omistajien ja palveluiden tuottajien muodostama yhteistyöfoorumi. Foorumin tarkoituksena on levittää tietoa tietomallintamiseksi ja tukea toiminnassa mukana olevia tietomallipohjaisten prosessien käyttöönotossa. bSF on Rakennustietosäätiön erityispäätoimikunta.

Esittelymalli

Esittelymalli (aik. virtuaalimalli) sisältää mm. rakennepintojen tekstuureja, valoa, varjoja ja muita detaljeja, jotka tekevät mallista visuaalisesti mahdollisimman todellisuutta vastaavan. Eri tekniikkalajien suunnitelmamallien ja lähtöaineistojen pohjalta muodostettu malli. Esittelymallia voidaan hyödyntää mm. viestinnässä ja markkinoinnissa ja sen tarkoitus on tukea päätöksentekoa ja vuorovaikutusta.

InfraFINBIM

RYM Oy:n käynnistämään PRE-ohjelmaan (Built Environment Process Re-engineering) kuuluva työpaketti.

Infra TM

Tilaajavetoinen infra-alan kehityshanke, jonka tavoitteena oli suunnata ja vauhdittaa infra-alan muutosta kohti tuotemallipohjaista elinkaaritiedon yhteiskäyttöä.

Koneohjausmalli

Malli, jolla tarkoitetaan toteutusvaiheen suunnitelmamallista jalostettuja työkoneiden koneohjausmalleja. Mallien käyttö mahdollistaa työkoneautomaation hyödyntämisen myös automatisoiduissa työkoneissa. Infran rakenteiden ja rakennepintojen koneohjausmallit muodostuvat geometrialinjoista, 3D-taiteviivoista ja niiden kolmioverkkomalleista sekä pistemäisistä aineistoista ja verkostomalleista.

IFC

Industry Foundation Classes; talonrakennuspuolella LandXML:ää vastaava standardi, johon perustuu IFC-tiedonsiirtoformaatti, joka puolestaan vas-

	taa Inframodel-tiedonsiirtoa. Käytetään myös siltojen ja muiden taitorakenteiden mallien tiedonsiirrossa.
Inframalli	Infrarakenteen tietomalli.
Inframodel	Kansainväliseen LandXML-standardiin perustuva avoin tiedonsiirtoformaatti, joka on tällä hetkellä käytössä infra-alalla.
Lähtötietomalli	Eri tietolähteistä saadut tai mitatut tuotteiden, toiminnan ja palveluiden suunnittelua varten hankitut lähtötiedot digitaalisessa muodossa jäsennehtyinä. Sisältää myös edellisten vaiheiden suunnitelma-aineiston.
Osamalli	Tekniikkalajikohtainen suunnitelmamalli, joka sisältää ainoastaan suunniteltua tietoa. Kaikki tekniikkalajimallit elävät läpi koko hankkeen elinkaaren siten, että yksityiskohtaisuus lisääntyy hankevaiheesta seuraavaan.
Paikalleenmittausmalli	Toteutusmallin osamalli, jolla rakennettavat tai asennettavat kohteet mitataan ja merkitään maastoon toteutusta varten.
Rakennussuunnitelmamalli	Rakennussuunnitelmamalli on väylien inframalleista ja rakennusosien malleista koostuva rakennussuunnitelman inframallikokonaisuus. Sisältää eri tekniikkalajien suunnitteluratkaisut.
Rakennustieto	Muodostuu Rakennustietosäätiö RTS sr:stä ja Rakennustieto Oy:stä. Rakennustieto edistää hyvää rakennustapaa toimimalla talonrakentamisen, talotekniikan, kiinteistönpidon sekä infra-alan tiedon tuottajana ja välittäjänä suunnittelusta ylläpitoon asti.
Rakennustieto Oy	Rakennustietosäätiö RTS sr:n omistama osakeyhtiö, joka toimii kiinteistö- ja rakentamisalan tietopalveluiden ja julkaisujen kustantajana.
Rakennustietosäätiö	Rakennusalan puolueeton vaikuttaja ja Rakennustiedon omistajayhteisö, joka vastaa koko yhteisön tutkimus- ja kehitystoiminnasta sekä huolehtii yhteiskuntasuhteista. Säätiön tarkoituksena on edistää sekä hyvää kaavoitus- ja rakennustapaa että hyvää kiinteistönpitotapaa.

RYM Oy	Kiinteistö- ja rakennusalan huippuosaamisen pääomasijoitusyhtiö, joka sijoittaa yritysten ja julkisten innovaatorahoittajien rahoitusta ja tietotaitoa alan kansainvälisen kilpailukyvyn kannalta tärkeimpiin tutkimusaiheisiin.
Suunnitelmamalli	Mallipohjainen suunnitelma, jolla tarkoitetaan infrarakenteen tai –järjestelmän mallia, joka kattaa suunnittelijoiden suunnitteluratkaisut.
Tietomalliselostus	Selostus, jossa esitetään, miten mallinnus on toteutettu koko hankkeen ajalta. Jos lähtötietomalli on tehty samassa projektissa, tulee se yhdistää tietomalliselostukseen.
Toteumamalli	Inframalli, joka kuvaa infrarakenteen sellaisena kuin se on toleranssit huomioon ottaen toteutettu. Voidaan tehdä täydentämällä ja päivittämällä rakennussuunnitelma- tai toteutusmallia rakenteen lopullisen toteuman mukaisesti.
Toteutusmalli	Inframalli, joka kattaa toteutuksen näkökulman, eli rakentamisen tehtävät, resurssit, ajoituksen jne. Voi tarkoittaa myös suunnittelumalleista jalostettuja työkonoiden koneohjausmalleja tai mittauksia, ja maastoon merkintää varten laadittuja paikalleenmittausmalleja.
Tuotemalli	Tiettyä tuotetta kuvaavat tiedot tuotetietomallin mukaisesti jäsennettynä, ja tallennettuna tuotetietona, tietokonesovelluksilla tulkittavissa olevassa muodossa. Infra-alalla tuotemallin sijaan on alettu käyttää termiä inframalli.
YIV	Yleiset inframallivaatimukset.
Yhdistelmämalli	Eri osamalleista yhdistetty inframalli, jolla tutkitaan eri mallien keskinäistä yhteensopivuutta. Yhdistelmämallia hyödynnetään erityisesti tekniikkalajien yhteensovituksessa ja vuorovaikutuksessa. Infran yhdistelmämalli muodostetaan tyypillisesti maastomallista, maaperämallista, olemassa olevien rakenteiden malleista sekä eri tekniikkalajien suunnitelmamalleista.

1 Johdanto

1.1 Tutkimuksen tausta

Nykyisessä muodossa olevan tien rakennussuunnitelman laadintaa sekä sen sisältöä ja esitystapaa ohjaavat Liikenneviraston vuonna 2013 julkaisemat ohjeet Tien rakennussuunnitelma - Toimintaohjeet ja Tien rakennussuunnitelma - Sisältö ja esitystapa. Toimintaohjeissa kuvataan suunnittelijan toimintaa kokonaisurakkamuotoisessa rakennussuunnitelman laadinnassa suunnittelun lähtökohdista prosessin läpi aina valmiiseen rakennussuunnitelmaan saakka. Sisältö ja esitystapaohjeessa puolestaan kuvataan perinteiseen tien rakennussuunnitelmaan sisältyvät asiakirjat sekä niiden sisältö ja esitystapa. (Liikennevirasto 2013a, Liikennevirasto 2013b.)

Kyseiset ohjeet eivät kuitenkaan ota kantaa tietomallipohjaiseen suunnitteluun tai rakentamiseen. Ohjeita laadittaessa vuonna 2013 tietomallinnus on ollut vielä kehitysvaiheensa alkutaipaleella, eikä ohjeisiin siten ole sisällytetty tietomallintamista koskevia seikkoja. Tietomallintamista on silloin edistetty muun muassa erilaisilla selvitys-, pilotti- ja ohjetöillä. (Liikennevirasto 2013a.)

Vuosina 2009-2011 toteutetulla Infra TM -hankkeella pyrittiin saavuttamaan infra-alalla muutos kohti tuotemallipohjaista elinkaaritiedon yhteiskäyttöä. Hankkeen tavoitteena oli luoda avoin ja yhtenäinen InfraBIM-tietomalli Suomen inframarkkinoille. Infra TM -hankkeessa keskityttiin erityisesti lähtötietojen saatavuuden ja infraomaisuuden hallinnan kehittämiseen sekä suunnittelun ja rakentamisen tuotemallinnuksen edistämiseen. Lisäksi Infra TM -hankkeessa koordinoitiin Inframodel3-formaatin käyttöönottoa. (Rakennustietosäätiö 2013, Lötjönen ym. 2013.)

Infrahankkeiden tietomallintamista on sittemmin viety eteenpäin esimerkiksi vuosina 2010-2013 toteutetulla RYM Oy:n PRE-tutkimusohjelmalla (*Built Environment Process Re-engineering*). Tutkimusohjelmaan kuuluneen InfraFINBIM-työpakettin visiona oli, että vuonna 2014 ja siitä eteenpäin suuret infrahankkeiden tilaajat tilaisivat vain tietomallipohjaisia palveluja. (Lötjönen ym. 2013.) InfraFINBIM-työpakettin osapuolet vastasivat Yleisten inframallivaatimusten (YIV) valmistelutyöstä vuoden 2014 kesään asti, jonka jälkeen valmistelutyöstä on vastannut bSF:n (*buildingSMART Finland*) Infra-toimialaryhmä (Niskanen 2015). bSF julkaisi Yleiset inframallivaatimukset 2015 -ohjeet vuosien 2015 ja 2016 aikana (*buildingSMART Finland* 2017a).

1.2 Tutkimusongelma ja -kysymykset

Laadituista ohjeista ja toteutetuista kehityshankkeista huolimatta tien rakennussuunnitelmallin sisältö-, esitystapa- ja tarkkuusvaatimukset ovat jääneet irrallisiksi kokonaisuuksiksi ja ohjeiksi tai niitä ei ole ollut ollenkaan. Tietomallipohjaiset toimintatavat ovat tehostaneet tiehankkeiden rakennussuunnitelma- ja rakentamisvaihetta, mutta niissä on vielä kehitettävää. Erityisesti suunnittelun ja toteuttamisen välisen rajapinnan paremmat määrittelyt ja ohjeistukset mahdollistavat entistä kustannustehokkaammat ja läpivienniltään nopeammat hankkeet.

Tämän diplomityön tarkoituksena on vastata seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

- Mitkä ovat tien rakennussuunnitelman tietomallivaatimukset?
- Mitkä ovat tien tietomallipohjaisen rakennussuunnitelman erot perinteiseen rakennussuunnitelmaan sekä nykyisiin ohjeisiin ja vaatimuksiin nähden?
- Mitkä ovat rakennussuunnitelmamallin ja toteutusmallin erot?

Lisäksi diplomityössä perehdytään erityisesti haastattelututkimuksen avulla seuraaviin seikkoihin:

- Aiemmin tekniikkalajit ovat olleet erillään, kun taas tietomallipohjaisessa suunnittelussa korostuu mallien yhteensovittaminen. Erotellaanko tekniikkalajeja tietomallipohjaisessa suunnittelussa? Löytyykö yhteistoimintaa edistäviä seikkoja? Muutuuko suunnitteluprosessi?
- Miten erilaiset asiat esitetään tietomallissa sekä mitä asioita voidaan esittää tietomallissa ja mitä ei? Mitä pitäisi kehittää, jotta asioita voidaan esittää tietomallissa? Kuinka tarkasti yksityiskohtia kannattaa esittää ja mikä on suurin tarkkuus, jota pystytään täysimääräisesti hyödyntämään?

1.3 Tutkimuksen tavoite ja tutkimusmenetelmät

Tämän diplomityön tavoitteena on laatia tien tietomallipohjaisen rakennussuunnitelman sisältö ja tarkkuusvaatimukset. Lisäksi työn tavoitteena on määritellä rakennussuunnitelmamallin ja toteutusmallin välinen ero. Tavoitteet pyritään saavuttamaan etsimällä edellisessä kohdassa esitettyihin tutkimuskysymyksiin vastauksia. Työssä keskitytään ensisijaisesti kokonaisurakkana toteutettavaan tien rakennussuunnitelmaan, joka asettaa suunnittelulle ja toteuttamiselle hankemuodoista kaikkein haastavimmat toimintaolosuhteet.

Diplomityön tutkimusmenetelminä käytetään kirjallisuustutkimusta ja haastattelututkimusta. Kirjallisuustutkimuksessa selvitetään tiehankkeiden suunnitteluvaiheet ja rakentamisen eri vaiheet. Lisäksi perehdytään tiehankkeissa yleisimmin käytettäviin hanke- ja urakamuotoihin ja kuvataan niiden vaikutusta tietomallintamiseen hankkeissa. Kirjallisuustutkimuksessa perehdytään myös tietomallintamiseen infrahankkeissa ja hankkeiden eri vaiheissa. Lopuksi kirjallisuustutkimuksessa selvitetään tien rakennussuunnitelman sisällön ja esitystavan suhdetta tietomallintamisesta laadittuihin ohjeisiin.

Kirjallisuustutkimuksen lisäksi työssä käytetään haastattelututkimusta. Haastattelututkimuksessa perehdytään muun muassa inframallintamisen ohjeistukseen ja mallinnustarkkuuteen, rakennussuunnitelmamalliin ja toteutusmalliin, hanke- ja urakamuotoihin, tiedon siirtoformaatteihin ja standardeihin sekä rakennussuunnitelmassa mallinnettaviin asioihin ja niiden tarkkuuteen. Haastattelututkimuksessa haastatellaan tilaajien, suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden asiantuntijoita mahdollisimman kattavan ja monipuolisen näkemyksen saamiseksi.

1.4 Tutkimuksen rajaukset

Diplomityössä käsitellään tien tietomallipohjaista rakennussuunnitelmaa. Työn aihepiiriin eivät kuulu muut väylät, kuten radat ja vesiväylät, eivätkä taitorakenteet, kuten sillat ja tunnelit. Edellä mainittujen asioiden käsittely on rajattu pois työstä. Työssä otetaan kuitenkin

kantaa taitorakenteiden ja väylärakenteiden siirtymärakenteisiin, jotka ovat keskeisessä asemassa yhteensovituksen kannalta. Lisäksi diplomityön painopiste on teiden mallintamisessa ja katujen käsittely jää selvästi vähemmälle huomiolle. Työssä esitellään lyhyesti rakennussuunnittelua edeltävien suunnitteluvaiheiden mallintamista sekä työn kannalta tarpeellisilta osin rakentamisessa käytettäviä malleja. Kunnossapidon mallit eivät kuulu työn aihepiiriin.

1.5 Tutkimuksen rakenne ja sisältö

Diplomityön kirjallisuustutkimus kattaa kohdat 2, 3 ja 4. Kohdassa 2 esitetään tiehankkeiden suunnitteluvaiheet ja tien rakentamisen kuvaus sekä tiehankkeissa yleisimmin käytettävät hanke- ja urakkamuodot. Kohdassa 3 käsitellään tietomallinnusta infrahankkeissa. Kohta 3 sisältää tietomallinnuksen historian, kehityksen ja hyödyt; tietomallintamisen ohjekokonaisuuden; mallintamisen eri hankevaiheissa sekä mallintamisen kehitystilanteen ja tulevaisuuden näkymät. Kohdassa 4 perehdytään nykymuotoisen tien rakennussuunnitelman sisältöön ja esitystapaan ja verrataan sitä voimassa oleviin mallinnusohjeisiin. Kohdan 4 käsittelyn pohjalta on laadittu taulukko rakennussuunnitelmamallin sisällöstä ja tarkkuudesta.

Työn kohta 5 sisältää haastattelututkimuksen kuvauksen ja siinä esitetään haastattelututkimuksessa kerätty aineisto. Kohdassa 4 laadittua taulukkoa käytettiin osana haastattelututkimusta ja siihen pyydettiin kommentteja haastatteluissa. Taulukko päivitettiin haastattelututkimuksen jälkeen ja se on diplomityön liitteenä.

Kohdassa 6 esitetään työn tulosten analyysi ja päätelmät ja kohdassa 7 yhteenveto ja suositukset. Kohtaan 6 on laadittu taulukko, jossa esitetään haastattelututkimuksen keskeisimmät havainnot ja kohdassa 7 esitetään havaintojen pohjalta laaditut suositukset.

2 Tiehankkeet

2.1 Suunnitteluvaiheet ja rakentaminen

2.1.1 Liikennejärjestelmän suunnittelu

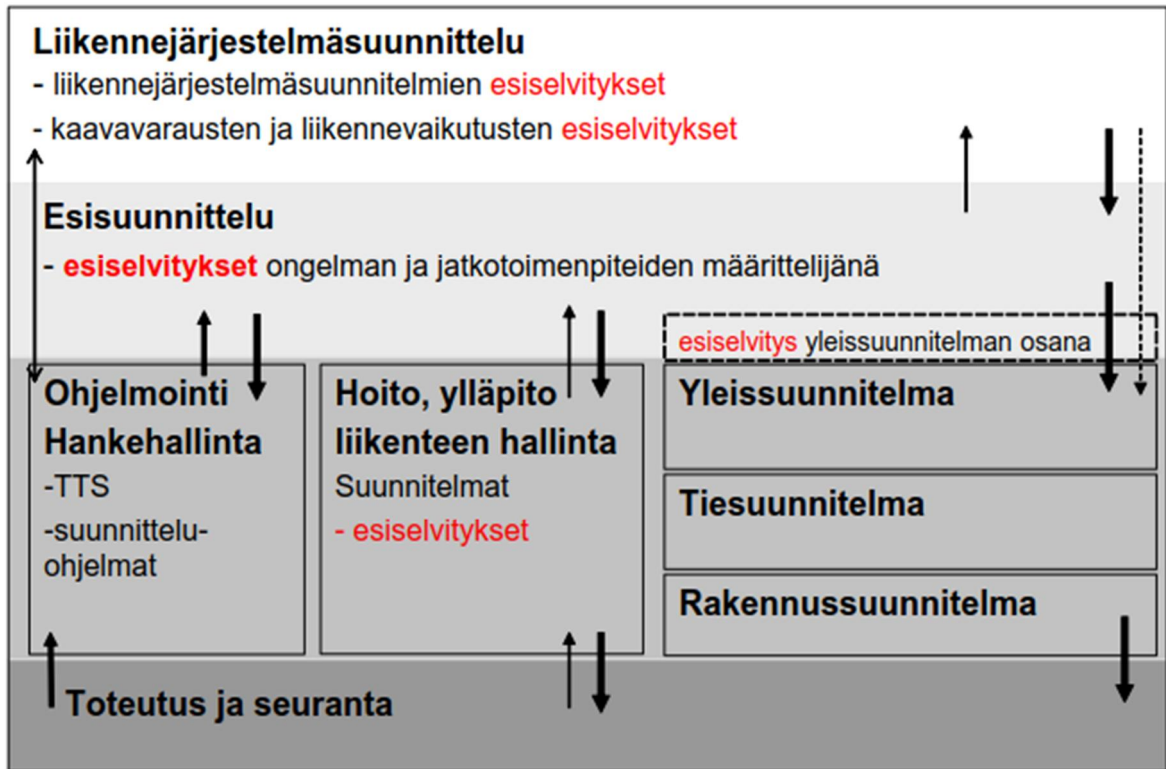
Yhdyskuntasuunnittelu on monialaista suunnittelua, jossa yhdistyvät ja toisiinsa vaikuttavat liikenteen, maankäytön ja alueiden suunnittelu. Tiensuunnittelu on yksi yhdyskuntasuunnittelun keskeisistä osa-alueista, jossa monialaisuuden seurauksena yhteistyö ja -toiminta eri toimijoiden ja osapuolten välillä on hyvin merkittävässä asemassa. Tienpidon suunnittelu perustuu asetettuihin tavoitteisiin ja käsittää tiestön kehittämisen, kunnossapidon ja liikenteen hallinnan suunnittelun. Suunnittelun tuloksina saadaan erilaisia tarpeita toteuttavia suunnitelmia ja ohjelmia, jotka ohjaavat toimintaa esimerkiksi tiensuunnittelussa. (RIL 2006.)

Eri liikennemuotojen ja maankäytön järjestämiselle luodaan edellytykset alueellisen liikennejärjestelmän suunnittelussa. Alueellisen liikennejärjestelmän suunnittelu on vuorovaikutteista maankäytön ja liikenteen suunnittelua, joka on luonteeltaan jatkuvaa pitkän aikavälin strategista suunnittelua. Liikennejärjestelmäsuunnitelmat voivat olla laajuudeltaan erilaisia, kuten maakunnan, useiden kuntien alueen tai kaupunkiseudun kattavia. Suunnitelmissa voidaan tehdä esimerkiksi liikennepoliittisia kannanottoja, liikenneverkkoon liittyviä päätöksiä tai erilaisia aiesopimuksia, ja niissä käsitellään liikenteen kaikkia kulkumuotoja, maankäyttöä, liikenneverkko- ja maankäyttövaihtoehtoja, liikennejärjestelmän vaikutuksia, erilaisia yhteistyötapoja sekä rahoitusta. Liikennejärjestelmäsuunnittelussa keskeisessä asemassa olevia toimijoita ovat muun muassa liikenneviranomaiset sekä joukkoliikenteestä ja maankäytöstä vastaavat tahot. (RIL 2006.)

2.1.2 Esiselvitykset

Esiselvitykset ovat pääasiassa liikennejärjestelmän suunnittelun ja toimenpiteiden tai hankkeiden suunnittelun välissä tehtäviä yleispiirteisiä suunnitelmia tai selvityksiä. Tarve esiselvityksille tulee yleensä maakunnallisen ja kaupunkiseutujen liikennejärjestelmäsuunnittelun tuottamista tavoitteista ja lähtökohdista jatkosuunnittelulle. Esiselvitystä voidaan kuitenkin käyttää myös toiseen suuntaan, eli tuottamaan aineistoa liikennejärjestelmäsuunnitelmalle. (Tiehallinto 2009a.)

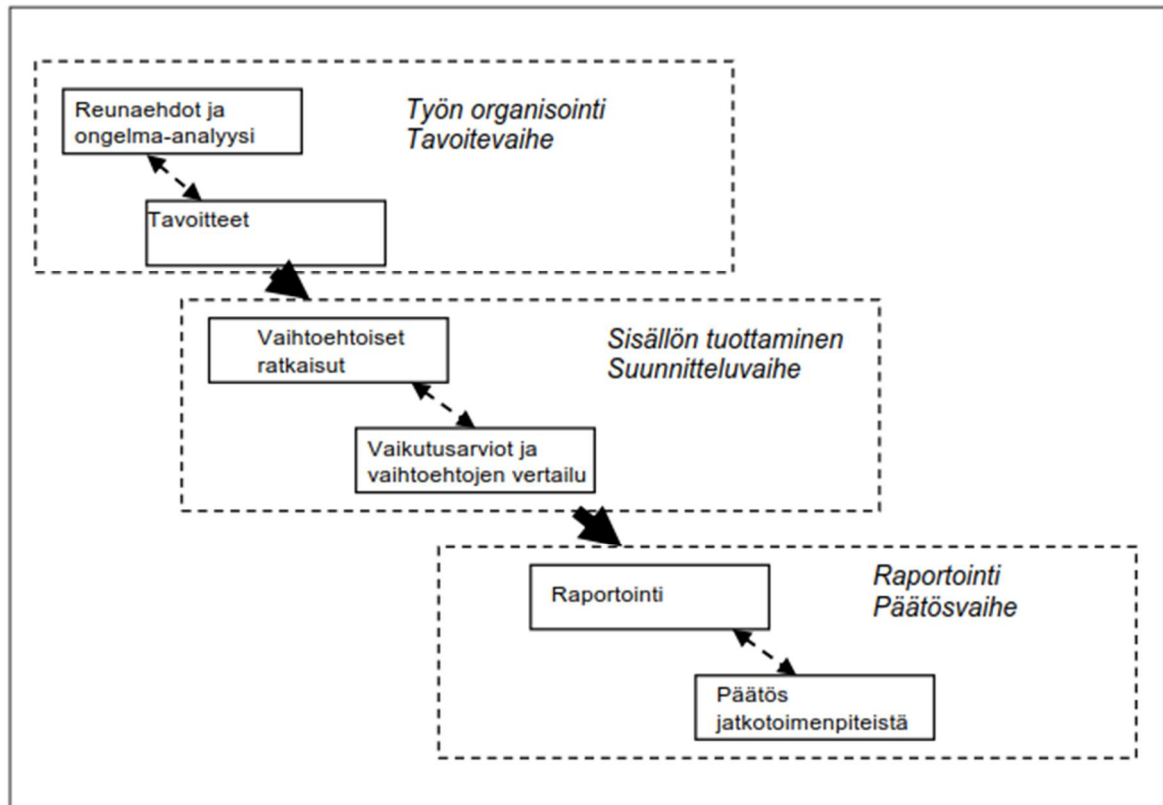
Esiselvitys toimii joustavana keinona jatkosuunnittelun lähtökohtien hahmottelussa ja erilaisten ratkaisumallien luonnostelussa. Esiselvityksiä käytetään esimerkiksi liikennejärjestelmäsuunnittelussa, maankäytön suunnittelussa, väylien verkostoselvityksissä sekä ympäristövaikutuksia tai liikenneturvallisuutta käsittelevien toimenpideohjelmien ja -suunnitelmien lähtökohtana, kuten kuvasta 1 käy ilmi. Nykyisin uusien väyläyhteyksien suunnittelu on harvinaista ja esiselvityksissä käytetäänkin ratkaisukeinoina entistä useammin olemassa olevien liikenneväylien parantamista sekä liikenteen hallinnan keinoin saavutettavia vaikutuksia. Lisäksi liikenneväylien hoidon ja ylläpidon toimenpiteet ovat nousseet entistä aktiivisemmin esille esiselvityksissä. (Tiehallinto 2009a.)



Kuva 1. Esiselvitysten rooli tiensuunnitteluprosessissa (Tiehallinto 2009a).

Hankesuunnittelun ja toimenpiteiden lähtökohtina käytettäviä esiselvityksiä on monenlaisia, mutta niille kaikille on yhteistä alustava vaikutusten arviointi. Kuvasta 1 nähdään, että esiselvitys voidaan myös kytkeä yleissuunnitelman ensimmäiseksi vaiheeksi, jolloin sillä tuotetaan lähtötietoa yleissuunnitelmaa varten. Eräänä esiselvityksen merkittävänä piirteenä on ongelmakeskeisyys. Esimerkiksi toimintaympäristön muutoksen seurauksena tuomien mahdollisuuksien hyödyntäminen tai palvelutasopuutteen selvittäminen ovat yleisiä esiselvitysten kohteita. Esiselvitys ei kuitenkaan ole vielä hankkeen tai toimenpiteen varsinaista suunnittelua, vaan esiselvityksissä keskeistä on vaihtoehtojen valinnan tai suosituksen sijaan erilaisten ratkaisuvaihtoehtojen etsiminen, löytäminen ja arvioiminen. Esiselvitysten päävaiheet on esitetty kuvassa 2. (Tiehallinto 2009a.)

Esiselvityksellä on merkittävä rooli suunnittelupäätöstä tehtäessä. Tieviranomaisen päättää esiselvityksen ja sen ohella saatujen lausuntojen avulla omalta osaltaan suunnittelun aloittamisesta. Esiselvityksessä lausuntoja tai kannanottoja tarvitaan yleensä usealta eri viranomaistaholta ja sidosryhmältä, jolloin esiselvityksessä korostuu eri toimijoiden yhteistyö käsitellä olevan ongelman ratkaisemiseksi. On kuitenkin otettava huomioon, että tiensuunnittelutilanteita, joissa vaaditaan maantielain mukainen käsittely oikeudellisten toteuttamispäätösten aikaansaamiseksi ja vuorovaikutuksen takaamiseksi, ei voida ratkaista esiselvityksillä. (Tiehallinto 2009a.)



Kuva 2. Päävaiheet esiselvitysprosessissa (Tiehallinto 2009a).

Erilaisia esiselvityksiä ovat muun muassa kehittämisselvitykset, teemakohtaiset esi- tai tarveselvitykset, yhteysväliselvitykset, tieverkkosuunnitelmat, tarveselvitykset, pääsuuntaselvitykset, toimenpideselvitykset, ideasuunnitelmat sekä selvitykset pienistä parantamiskohteista (Tiehallinto 2009a). Esiselvityksiä ohjaa Tiehallinnon vuonna 2009 julkaisema Tienpidon toimenpiteiden esiselvitysopas, jossa käsitellään muun muassa esiselvitysten laatimista ja sisältöä.

2.1.3 Yleissuunnittelu

Yleissuunnittelu liittyy olennaisesti uusien tiehankkeiden ja merkittävien perusparannushankkeiden suunnittelun alkuvaiheisiin. Yleissuunnittelua valmisteltaessa arvioidaan, edellyttääkö yleissuunnitelma maantielain mukaisen käsittelyn vai laaditaanko suunnitelma ilman sitä. Yleissuunnittelun sisältöön ja käsittelytapaan vaikuttavat esimerkiksi hankkeen laajuus ja luonne sekä arvioidut vaikutukset. Yleissuunnittelulla on kuitenkin tiesuunnitelman laatimisvaiheessa ohjaava vaikutus riippumatta siitä, käsitelläänkö se maantielain mukaisella menettelyllä vai ei. (RIL 2006, Tiehallinto 2007.)

Jos yleissuunnitelma tehdään maantielain edellyttämän käsittelyn mukaisesti, tulee sen perustua maankäyttö- ja rakennuslaissa esitettyyn oikeusvaikutteiseen kaavaan. Kyseisessä kaavassa on selvitetty maantien sijainti ja suhde muuhun maankäyttöön. Tien yleissuunnitelma voidaan kuitenkin tehdä kaavoituksen rinnalla, jolloin yleissuunnitelmassa esitetään maantien sijainti ja tärkeimmät toiminnalliset periaatteet. Maantielain mukaisella käsittelyllä otetaan kantaa muun muassa tiehankkeen tarpeellisuuteen, laajuuteen ja laatuun sekä sillä

mahdollistetaan oikeudellisten toteuttamispäätösten aikaansaaminen ja taataan vuorovaikutus osallisten välillä. (RIL 2006, Tiehallinto 2007.)

Tiensuunnittelua, suunnittelukäytäntöä ja suunnittelun hallinnollista prosessia ohjaa lainsäädäntö. Yleissuunnittelussa keskeinen lainsäädäntö pitää sisällään

- Maantielain (503/2005) ja asetuksen (924/2005)
- Maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999) ja asetuksen (895/1999)
- Lain ympäristövaikutusten arviointimenettelystä (252/2017) ja asetuksen (713/2006)
- Lain viranomaisten suunnitelmien ja ohjelmien ympäristövaikutusten arvioinnista (200/2005) ja asetuksen (347/2005)
- Luonnonsuojelulain (1096/1996) ja asetuksen (160/1997)
- Hallintolain (434/2003)
- Hallintolainkäyttölain (586/1996) sekä
- Vesilain (587/2011). (Tiehallinto 2007.)

Alempiluokkaisilla tieyhteyksillä, jotka eivät yleensä ole osana yleispiirteisiä kaavoja, voidaan maantie suunnitella ilman kaavaa. Tällöin on kuitenkin yhteistyössä keskeisten viranomaisten kanssa selvitettävä riittävissä määrin tien sijainti ja suhde muuhun maankäyttöön. Yleissuunnitelma voidaan laatia myös tilanteessa, jossa maantielaki ei sitä suoraan edellyttäisi. Esimerkiksi ennen tiesuunnitelman laatimista voidaan tehdä yleissuunnitelma, jolla selvitetään ja hyväksytään eri osapuolten kesken tiehankkeen perusratkaisut. (Tiehallinto 2007.)

Yleissuunnitteluvaiheen hankkeet vaihtelevat laadultaan ja laajuudeltaan merkittävästi sekä suunnitteluprosessiin osallistuu yleensä monia eri tahoja. Hankkeen laajuus on useimmiten hyvin verrattavissa hankkeen vaikutuksiin. Hankkeiden vaihtelevuuden takia yleissuunnittelun tavoitteet, sisältö ja tarkkuus ovat hyvin hankekohtaisia ja yleissuunnitteluvaiheen tuloksena saadaan yleensä **yleissuunnitelma**, **toimenpidesuunnitelma** tai **aluevaraussuunnitelma**. (Tiehallinto 2007.)

Kuvassa 3 on esitetty yleissuunnitteluvaiheen suunnitelmavaihtoehdot sekä alempana niiden tarkemmat kuvaukset ja käyttökohteet.



Kuva 3. Yleissuunnitteluvaiheen tulos: yleissuunnitelma, toimenpidesuunnitelma tai aluevaraussuunnitelma (Tiehallinto 2007).

Hankkeesta laaditaan **yleissuunnitelma** silloin, kun hankkeen arvioidut vaikutukset ovat merkittäviä tai maantien sijaintia ei ole riittävässä määrin ratkaistu kaavoituksessa. Vaikutusten merkittävyyden arvioinnista säädetään maantielaisissa ja vaikutusten merkittävyyttä arvioi tieviranomainen. Yleissuunnitelma laaditaan yleensä ainakin hankkeissa, joissa

- rakennetaan moottoritie tai moottoriliikennetie
- muutetaan kaksikaistainen tie neli- tai useampikaistaiseksi
- edellytetään YVA-lain mukaista menettelyä
- rakennetaan uusi maantie tai ohikulkutie
- parannetaan maantie toimenpitein, jotka muuttavat olennaisesti nykytilannetta ja jonka vaikutukset ympäristölle ovat merkittäviä
- korvataan lossi sillalla. (Tiehallinto 2007.)

Yleissuunnitteluvaihe voi olla tarpeen ennen tiesuunnitelman laatimista, vaikka maantielain mukaiselle käsittelylle ei ole tarvetta. Esimerkiksi hankkeissa, joissa parantamistoimenpiteiden sijaintia ei ole määritelty riittävän tarkasti oikeusvaikutteisessa kaavassa tai hankkeen vaikutukset ovat vähäiset sekä hankkeet, joissa tehdään nykyiseen tieverkkoon pieniä parantamistoimenpiteitä, voidaan yleissuunnittelun suunnitelma-asiakirjat koota **toimenpidesuunnitelmaksi**. Yleissuunnittelu voidaan tehdä myös osana tiesuunnitelman alkuvaihetta, kun toimenpidesuunnitelmassa ei ole tarpeen tehdä tien tai parantamistoimenpiteiden sijaintiin liittyvää vaihtoehtojen vertailua. Toimenpidesuunnitelma laaditaan tyypillisesti hankkeissa, joissa

- selvitetään pitkähkön tiejakson pienehköt parantamistoimenpiteet ja niiden likimääräinen toteuttamisjärjestys

- parannetaan maantietä haja-asutusalueella toimenpitein, jotka eivät olennaisesti muuta nykytilannetta ja/tai aiheuta merkittäviä lisähaittoja tievarren asutukselle ja ympäristölle
- rakennetaan jalankulun ja pyöräilyn väyliä ja yli-/alikulkuysteitä
- parannetaan maantien tasoliittymää
- toteutetaan taajamatielle pieniä liikenneturvallisuustoimenpiteitä. (Tiehallinto 2007.)

Kaavoitustyö voi aiheuttaa tarpeen yleissuunnittelulle esimerkiksi maantien ja liittymäjärjestelyjen tilantarpeiden selvittämiseksi, vaikka tieverkon liikenteellinen tilanne ei edellyttäisi toimenpiteitä lähitulevaisuudessa. Tällaisessa tilanteessa yleissuunnittelussa ja aluevarausten selvittämisessä muodostunut aineisto kootaan **aluevaraussuunnitelmaksi**. Aluevaraussuunnitelmaa käytetään myös tilanteessa, jossa tiehankkeen suunnittelun takia joudutaan koko suunnitteluosuudella laatimaan tai muuttamaan oikeusvaikutteista yleiskaavaa tai asemakaavoja. Tällöin maankäytön suunnittelun ja tiensuunnittelun prosessit yhdistetään ja tien sijainti ja vaikutukset käsitellään ja hyväksytään osana kaavoituksen hyväksymismenettelyä. Aluevaraussuunnitelman tarkkuuden määrää laadittavana olevan kaavan tyyppi. (Tiehallinto 2007.)

Yleissuunnittelua ohjaavat muun muassa Tiehallinnon vuonna 2007 julkaisema Yleissuunnittelu – Sisältö ja esitystapa sekä Liikenneviraston vuonna 2010 julkaisema Yleissuunnittelu – Toimintaohjeet.

2.1.4 Tiesuunnitelma

Tiesuunnitelma on maantielakiin perustuva asiakirja. Maantielaki velvoittaa tiesuunnitelman laatimisen ja hyväksymisen ennen maantien rakentamista. Vaikutuksiltaan vähäisistä hankkeista ei kuitenkaan tarvitse laatia tiesuunnitelmaa, jos hanketta varten ei ole tarpeen ottaa lisäalueita haltuun tai maan- tai kiinteistön omistajalta saadaan kirjallinen suostumus tarvittavien lisäalueiden ottamiselle. Kun hankkeen vaikutukset ovat vähäiset, laaditaan hankkeesta parantamissuunnitelma tiesuunnitelman sijaan. Tällöin suunnitelmaa ei käsitellä tiesuunnitelman mukaisesti, eikä siitä tehdä valituskelpoista hyväksymispäätöstä, mutta mahdollisiin lisäalueisiin on hankittava maanomistajien suostumukset. Tiesuunnitelman laatimista ohjaavat aiempien suunnitteluvaiheiden dokumentit, kuten maantielain mukainen hyväksytty yleissuunnitelma, toimenpidesuunnitelma tai aluevaraussuunnitelma sekä pienemmissä hankkeissa esiselvitykset. (RIL 2006, Liikennevirasto 2010a.)

Hyväksytty tiesuunnitelma oikeuttaa suunnitelmassa osoitettujen alueiden ja oikeuksien lunastamiseen sekä tien rakentamiseen tai parantamiseen. Tiesuunnitelmassa tulee esittää tien sijainti, korkeusasema ja poikkileikkaus siten, että tiealue voidaan merkitä maastoon. Myös mahdolliset näkemä- ja suoja-alueet, tien myöhempää leventämistä varten varatut alueet sekä tiehankkeen vaikutusten arviointi ja tarpeelliset toimenpiteet haitallisten vaikutusten ehkäisemiseksi tulee esittää tiesuunnitelmassa. Lisäksi tiesuunnitelma-aineistoon sisällytetään tien rakentamisen kustannusarvio ja tiehankkeelle tulee olla rahoitus, jotta se voidaan käynnistää. (RIL 2006, Liikennevirasto 2010a.)

Sekä tiensuunnittelun että maankäytön suunnittelun prosessit ovat vaiheittain tarkentuvia. Yleissuunnitelma vastaa yleiskaavaa ja tiesuunnitelma asemakaavaa, kuten kuvasta 4 ilme-

nee. Tiesuunnitelman tulee perustua hyväksyttyyn yleissuunnitelmaan ja yleiskaavaan silloin, kun tiehankkeesta on laadittu yleissuunnitelma ja suunnittelualueella on voimassa oleva oikeusvaikutteinen yleiskaava. Lisäksi tiesuunnitelmaa hyväksyttäessä tulee tarkastaa, että sitä ei ole laadittu vastoin maakuntakaavaa, oikeusvaikutteista yleiskaavaa tai asemakaavaa. (Tiehallinto 2009b.)



Kuva 4. Tiesuunnittelun ja maankäytön suunnittelun prosessit rinnakkain (Liikennevirasto 2010b).

Kuten yleissuunnitelman laadinnassa, myös tiesuunnittelussa suunnittelua, suunnittelukäytäntöä sekä suunnittelun hallinnollista prosessia ohjaa lainsäädäntö. Tiesuunnitelmavaiheen kannalta keskeinen lainsäädäntö pitää sisällään

- Maantielain (503/2005) ja asetuksen (924/2005)
- Liikenne- ja viestintäministeriön asetuksen näkemäalueista (25.1.2011)
- Maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999) ja -asetuksen (895/1999)
- Valtioneuvoston päätöksen valtakunnallisista alueidenkäyttötavoitteista (lausunkierroksella, luonnos 21.4.2017)
- Lain ympäristövaikutusten arviointimenettelystä (252/2017) ja -asetuksen (713/2006)

- Luonnonsuojelulain (1096/1996) ja -asetuksen (160/1997)
- Muinaismuistolain (295/1963)
- Lain rakennusperinnön suojelemisesta (498/2010)
- Hallintolain (434/2003) ja hallintolainkäyttölain (586/1996)
- Vesilain (264/1961)
- Ympäristönsuojelulain (527/2014) ja -asetuksen (713/2014)
- Valtioneuvoston päätöksen melutason ohjearvoista (993/1992)
- Lain vesienhoidon ja merenhoidon järjestämisestä (1299/2004)
- Kielilain (423/2003)
- Lain viranomaisten toiminnan julkisuudesta (621/1999) sekä
- EU-säädökset (mm. tunnelidirektiivi ja liikenneturvallisuusauditointi). (Tiehallinto 2009b.)

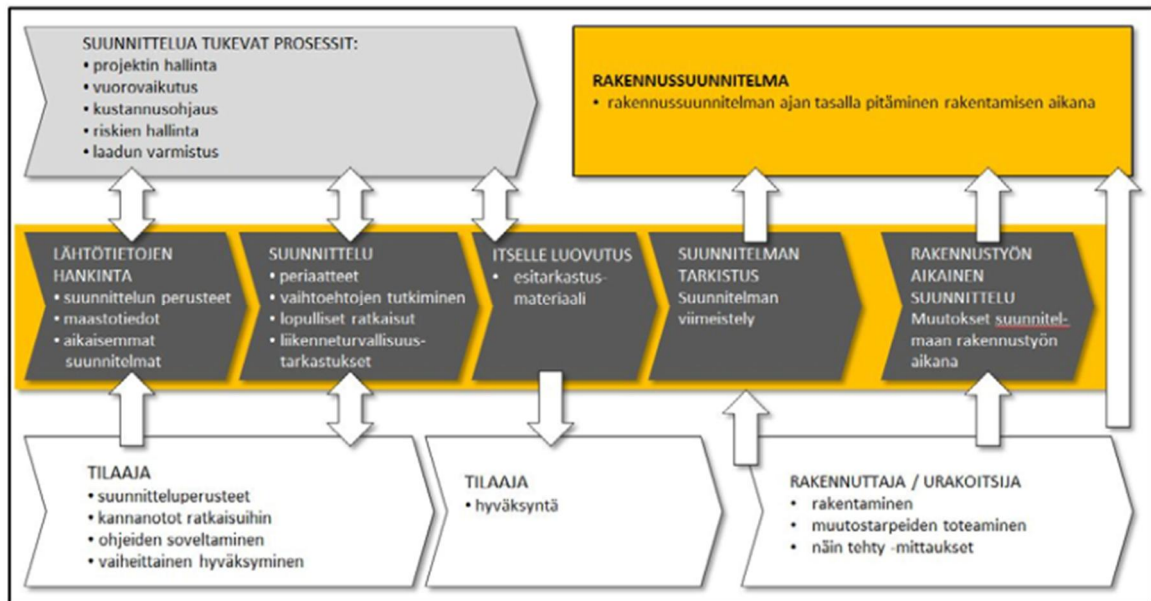
Lainsäädännön, aiempien suunnitteluvaiheiden ja oikeusvaikutteisten kaavojen vaatimusten ja velvoittavuuksien lisäksi tiesuunnitelmalle asetetaan muitakin vaatimuksia. Esimerkiksi tiesuunnitelma tulee laatia niin havainnolliseksi ja ymmärrettäväksi, että siitä ilmenevät hankkeen vaikutukset asianosaisille. Lisäksi tiesuunnitelma on laadittava siten, että sille saadaan mahdollisimman laaja yleinen hyväksyntä ja sen avulla voidaan laatia urakka-asiakirjat ja rakennussuunnitelma. (Liikennevirasto 2010a.)

Tiesuunnitelman laatimista ja sen sisältöä ohjaavat Tiehallinnon vuonna 2009 julkaisema Tiesuunnitelmavaiheen asiakirjat – Sisältö ja esitystapa ja Liikenneviraston vuonna 2010 julkaisema Tiesuunnitelma – Toimintaohjeet.

2.1.5 Rakennussuunnitelma

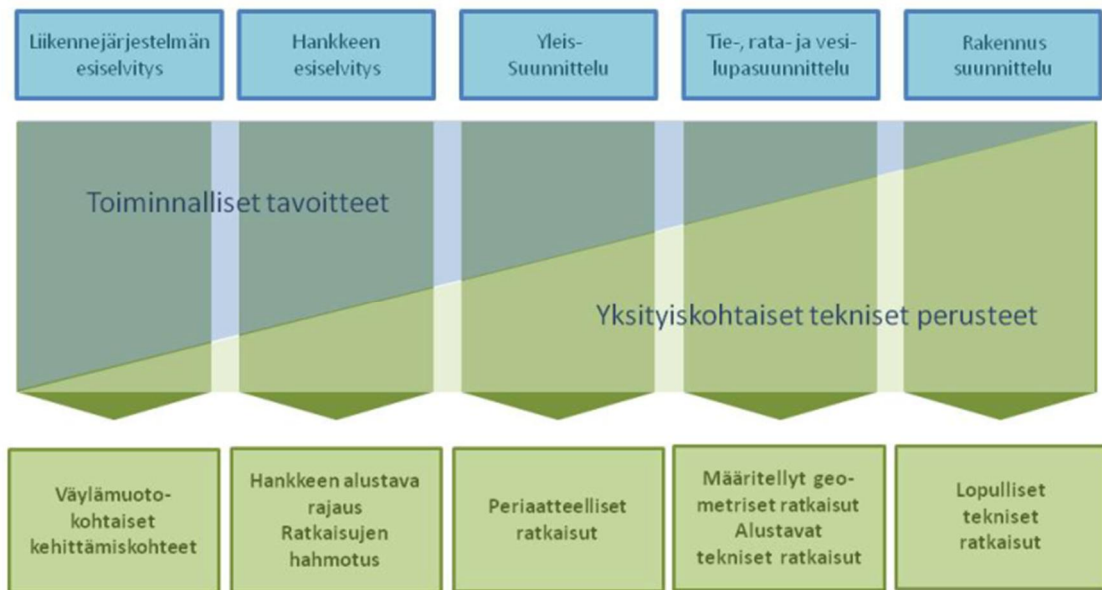
Ennen maantien rakentamista tehdään rakennettavasta tiestä rakennussuunnitelma. Maantielaki määrittelee hyväksytyn ja lainvoimaisen tiesuunnitelman oikeusvaikutukset asianosaisiin, joten se sitoo rakennussuunnitelman laatijaa noudattamaan tiesuunnitelman ratkaisuja rakennussuunnitelmaa laadittaessa. Yhdistetty tie- ja rakennussuunnitelma tai pelkkä rakennussuunnitelma (parantamissuunnitelma) voidaan tehdä pienissä ja vaikutuksiltaan vähäisissä parantamishankkeissa, jolloin yleissuunnitelma toimii suunnitteluratkaisuja ohjaavana dokumenttina. (Liikennevirasto 2013a, Liikennevirasto 2013b.)

Tien rakennussuunnitelma laaditaan tien rakentamista varten, joten siinä tulee esittää yksityiseltä ja yksityiskohtaisesti rakennettavat tiet, niiden rakenteet jne. Tien rakennussuunnittelu alkaa lähtötietojen hankinnalla, joita ovat muun muassa edellisen suunnitteluvaiheen (yleis- tai tiesuunnitelma) suunnitteluaineisto ja ns. suunnittelijan testamentti sekä rakennussuunnitelman suunnitteluperusteet. Suunnittelussa noudatetaan voimassa olevia Liikenneviraston ohjeita, InfraRYL:iä ja Infra Rakennusosa- ja hankenimikkeistöä. Suunnitteluprosessi käydään tavanomaisesti läpi kuvassa 5 esitetyllä tavalla ja se jatkuu yleensä hankemuodosta mukaan joko valmiiseen rakennussuunnitelmaan tai rakentamisen aikaisiin suunnitelmapäivityksiin. (Liikennevirasto 2013b.)



Kuva 5. Tien rakennussuunnittelun osapuolet ja niiden toiminta suunnitteluprosessin aikana (Liikennevirasto 2013b).

Väylähankkeen suunnitteluperusteet on suunnittelua ohjaava asiakirja, jossa tilaaja asettaa hankkeelle haluttuja vaikutuksia, aluerajauksia, teknisiä ja toiminnallisia tavoitteita sekä laatuvaatimuksia. Suunnitteluperusteet laaditaan ensimmäisen kerran hankkeen esi- tai yleissuunnitteluvaiheessa ja niitä täydennetään ja tarkennetaan suunnitteluvaiheesta toiseen siirtäessä sekä tarvittaessa suunnittelun aikana. Kuvassa 6 on esitetty hankkeen eri suunnitteluvaiheiden aikana täydentyvät ja tarkentuvat suunnitteluperusteet. Hankkeen tilaaja tarkistaa, täydentää ja tarkentaa tiesuunnitelmavaiheessa laaditut suunnitteluperusteet ennen rakennussuunnittelua ja kokoaa niistä rakennussuunnitelmavaiheen suunnitteluperusteet. (Liikennevirasto 2013b.)



Kuva 6. Hankevaiheittain toiminnallisista tavoitteista yksityiskohtaisiin teknisiin perusteisiin tarkentuvat suunnitteluperusteet (Liikennevirasto 2011).

Tien rakennussuunnitelma on tarkka ja yksityiskohtainen suunnitelma, joten sen tulee täyttää paljon erilaisia vaatimuksia. Rakennussuunnitelman yleisiä vaatimuksia ovat muun muassa:

- Tien rakennussuunnitelman tulee perustua tiesuunnitelmaan, eikä siinä saa poiketa merkittävästi tiesuunnitelman ratkaisusta. Lisäksi rakennussuunnitelman tulee täyttää maantielaissa tiesuunnitelmalle asetetut tavoitteet ja vaatimukset.
- Suunnittelun tulee perustua suunnitteluperusteisiin ja voimassa oleviin suunniteluohjeisiin. Jos suunnitelmaratkaisussa poiketaan näistä, tulee ratkaisu hyväksyttäväksi tilaajalla. Lisäksi suunnitelmat tulee laatia Infra Rakennusosa- ja hankenimikkeistön mukaisesti.
- Rakennussuunnitelman ratkaisut on suunniteltava riittävän yksityiskohtaisesti, jotta ne antavat hyvät edellytykset urakka-asiakirjojen laatimiselle, rakentamisen määrien laskemiselle ja tien rakentamiselle suunnittelijan tarkoittamalla tavalla. Suunnitelman tulee myös olla niin havainnollinen, että kolmas osapuoli pystyy tarkastamaan sen luotettavasti.
- Rakennussuunnitelmassa pyritään esittämään yksiselitteinen valmiiksi suunniteltu tekninen ratkaisu ja siinä etsitään vaihtoehtoisia ratkaisuja vain poikkeustapauksissa. Joitain pienempiä teknisiä yksityiskohtia voidaan jättää urakoitsijan ratkaistaviksi.
- Suunnitteluratkaisujen on oltava taloudellisia ja ympäristön kannalta hyväksyttäviä sekä niissä tulee ottaa huomioon kunnossapidon tarpeet ja vaatimukset.
- Rakennussuunnitelman asiakirjat tulee laatia siten, että niissä ei kilpailumielessä suositeta tiettyä menetelmää, tuotetta tai toimijaa. Rakennusosat ja varusteet kuvataan laatuvaatimuksin ja niihin sisällytetään tietoa tuotteesta tai valmistajasta vain poikkeustapauksissa (esim. nykyisen rummun jatkaminen). (Liikennevirasto 2013a, Liikennevirasto 2013b.)

Rakennussuunnitelma ei ole lakisääteinen suunnitelma, eikä siitä siten ole säädöksiä maantilaissa, kuten yleis- ja tiesuunnitelmasta, joiden oikeusvaikutuksia ja sisältöä maantielaki määrittelee. Vaikka rakennussuunnitelmasta ei ole säädetty maantilaissa, ei se tarkoita, etteikö rakennussuunnittelussa tulisi tuntea ja noudattaa ajantasaista lainsäädäntöä. Rakennussuunnittelun kannalta keskeisin lainsäädäntö, säädökset ja standardit pitävät sisällään:

- Maantielain (503/2005) ja asetuksen (924/2005)
- Valtioneuvoston päätöksen valtakunnallisista alueidenkäyttötavoitteista (lausunkierroksella, luonnos 21.4.2017)
- Lain yksityisistä teistä (358/1962, uudistettavana)
- Liikenne- ja viestintäministeriön asetuksen näkemäalueista (25.1.2011)
- Maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999) ja asetuksen (895/1999)
- Luonnonsuojelulain (1096/1996) ja asetuksen (160/1997)
- Muinaismuistolain (295/1963)
- Lain rakennusperinnön suojelemisesta (498/2010)
- Ympäristönsuojelulain (527/2014) ja asetuksen (713/2014)
- Valtioneuvoston päätöksen melutason ohjearvoista (993/1992)
- Vesilain (587/2011)
- Lain vesienhoidon ja merienhoidon järjestämisestä (1299/2004)
- Maa-aineslain (555/1981)
- Jätelain (646/2011) ja asetuksen (179/2012)
- Valtioneuvoston asetuksen jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa (591/2006)
- Kielilain (423/2003)
- Hallintolain (434/2003)
- Lain viranomaisten toiminnan julkisuudesta (621/1999)
- Lain julkisista hankinnoista ja käyttöoikeussopimuksista (1397/2016)
- EU-säädökset (mm. tunnelidirektiivi, liikenneturvallisuusauditointi, luontodirektiivi, lintudirektiivi)
- SFS – EN-standardit. (Liikennevirasto 2013b.)

Tien rakennussuunnittelua ohjaavat Liikenneviraston vuonna 2013 julkaisemat Tien rakennussuunnitelma – Sisältö ja esitystapa sekä Tien rakennussuunnitelma – Toimintaohjeet. Sisältö ja esitystapa -ohjeessa kuvataan tien rakennussuunnittelussa tuotettavat asiakirjat sekä niiden sisältö ja esitystapa, kun taas Toimintaohjeissa käsitellään suunnittelijan toimintaa ja menetelmiä rakennussuunnitelmavaiheessa prosessin alusta välivaiheineen aina sen loppuun asti. Ohjeissa käsitellään pääasiassa kokonaisurakkana tehtävää tien rakennussuunnittelua, mutta niitä voidaan soveltaa ja usein vaaditaan sovellettavan myös muissa urakkamuodoissa. Monet tilaajat edellyttävätkin kyseisten ohjeiden mukaista sisältöä, esitystapaa ja toimintaprosessia riippumatta urakkamuodosta. Edellä mainituissa ohjeissa ei kuitenkaan käsitellä tietomallipohjaista suunnittelua.

2.1.6 Tien rakentaminen

Tien rakentamisprosessi koostuu useista eri osakokonaisuuksista, jotka sisältävät lukuisia eri työvaiheita. Rakentamisprosessin vaiheisiin ja niiden keskinäiseen järjestykseen vaikuttavat ainakin urakkamuoto, urakan toteuttamisympäristö, vuodenaika sekä lähtötietojen laatu ja määrä. (Nygård ym. 2017.)

Ennen rakentamisen aloittamista hankkeessa tehdään paljon valmistelevaa työtä. Valmistelemaan työhön sisältyvät esimerkiksi erilaisten selvitysten ja lupa-asioden toimittaminen, hankkeen massatasapainon ja massansiirtojen suunnittelu, hankkeen määrälaskentojen tekeminen, hankkeen sisäisen ja ulkopuolisen logistiikan järjestelyjen suunnitteleminen sekä suunnittelua sisältävissä urakkamuodoissa (esim. ST-hanke ja elinkaarimalli) tarvittavien pohjatutkimusten tekeminen tai teettäminen. Lisäksi urakoitsija laatii ennen rakentamisen aloittamista hankekohtaisen toimintasuunnitelman, jossa kuvataan muun muassa urakoitsijan tehtävät hankkeen aikana, urakoitsijan ja mahdollisten aliurakoitsijoiden tehtäväjaot ja avainasemassa olevien henkilöiden roolit ja vastuut hankkeen aikana, hankkeen työvaiheistus sekä yllä mainittuja valmistelevia tehtäviä hankekohtaisesti. Työkoneautomaatiota käytettäessä hankkeen mittausperusta ja maaston kiintopisteverkosto ovat merkittävässä asemassa. (Nygård ym. 2017.)

Työkohteessa ennen itse tien rakentamisen aloittamista tehdään erilaisia työmaaympäristöä valmistelevia toimenpiteitä. Näihin toimenpiteisiin sisältyvät esimerkiksi säilytettävien ja suojeltavien kohteiden merkitseminen ja suojaaminen, työmaateiden tekeminen, työmaan eristäminen muusta ympäristöstä ja asiattomien pääsyn estäminen työmaalle sekä tarvittaessa työmaan suojaaminen muulta ympäristöltä työturvallisuuden takaamiseksi. (Nygård ym. 2017.)

Varsinaisesti tien rakentamiseen liittyviä ensimmäisiä toimenpiteitä hankkeen ympäristöstä riippuen ovat muun muassa tarvittavat raivaustoimenpiteet (esim. metsä) ja pintamaan poistot, leikkaus- ja pengerrystyöt, pohjanvahvistustoimenpiteet (esim. massanvaihdot), kallioleikkaukset ja louhintatyöt, siltapaikkojen ja muiden vastaavien erityiskohteiden merkitseminen ja niihin liittyvät maarakennus- ja pohjanvahvistustoimenpiteet sekä avo-ojitukset ja muut kaivamalla tai louhimalla toteutettavat kuivatusratkaisut. Lisäksi tehdään kaivutöiden yhteydessä ja jo ennen kaivutöitä esille tulleiden kunnallisteknisten ja muiden vastaavien järjestelmien tarvittavat suojaustoimenpiteet. (Nygård ym. 2017.)

Seuraavassa vaiheessa, leikkaus- ja pengerrystöiden sekä mahdollisten pohjanvahvistustoimenpiteiden jälkeen voidaan aloittaa tien rakennekerroksien tekeminen. Tässä vaiheessa toteutetaan yleensä myös kaikki kaivamista vaativat kuivatusjärjestelmien osat, kuten rummut, kaivot ja niiden välille tulevat hulevesiputket, muut putki- ja johtokaivannot sekä kaivamista vaativat jalustat ja perustusrakenteet. Tien päällystäminen pyritään ajoittamaan hankkeen kiireellisyydestä riippuen päällystemassan saatavuuden kannalta suotuisaan vuodenaikaan, jolloin päällystyksen kustannukset ovat alemmat. Päällystystoimenpiteet ja niiden ajankohta huomioidaan yleensä jo hankekohtaisessa toimintasuunnitelmassa. (Nygård ym. 2017.)

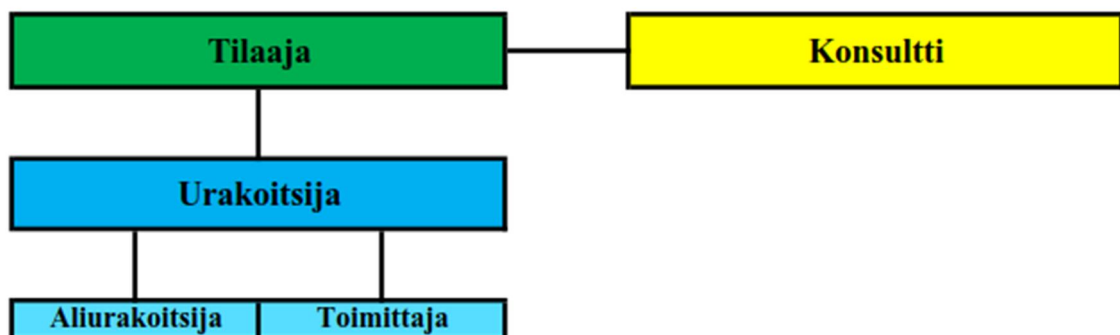
Lopuksi tehdään erilaisiin järjestelmiin, kuten telematiikkaan, valaistukseen ja liikenteen ohjaukseen liittyvien kohteiden ja tiekaiteiden asennukset sekä tiemerkinnot. Lisäksi tässä vaiheessa tehdään tieympäristöön ja viherrakentamiseen liittyvät toimenpiteet, kuten verhoilut, maisemoinnit ja istutukset. (Nygård ym. 2017.)

2.2 Hanke- ja urakkamuodot

2.2.1 Kokonaisurakka (KU)

Kokonaisurakassa (KU) tilaaja tekee erikseen sopimukset väylän rakennussuunnittelusta konsultin kanssa ja väylän rakentamisesta (pää)urakoitsijan kanssa. Pääurakoitsija voi puolestaan tehdä sopimuksia yhden tai useamman aliurakoitsijan tai tavarantoimittajan kanssa. Kuvassa 7 on esitetty kokonaisurakan eri osapuolten keskinäiset toimintasuhteet. Suunnitelmien tulee siis olla valmiina ennen rakennusurakan tarjouskilpailua, jotta urakoitsijat voivat laskea oman tarjoushintansa suunnitelmien pohjalta. Kokonaisurakan rakentamisen tarjouskilpailussa valintakriteerinä on usein pelkästään hinta. Urakoitsija valitaan alimman tarjotun hinnan perusteella ja valittu urakoitsija sitoutuu rakentamaan tien laadittujen suunnitelmien mukaan. Kausittainen kunnossapito kilpailutetaan erikseen tai se toteutetaan tilaajan toimesta. (Koppinen & Lahdenperä 2004.)

Kokonaisurakka on maailmalla laajimmin käytetty urakkamuoto ja sen osaavat ja ymmärtävät hyvin niin tilaajat, urakoitsijat kuin suunnittelijatkin. Kokonaisurakkamuotoisessa projektissa on selvästi erilaiset vaiheet, joten tilaajan on helppo koordinoida ja hallita koko prosessia. Kokonaisurakassa tilaajan ei ole välttämätöntä määritellä hankkeen tavoitteita ja rajoituksia täysin ennen urakoitsijan kilpailumenettelyä, vaan ne voidaan määritellä tai niitä voidaan tarkentaa suunnitteluvaiheessa. Kokonaisurakka yksinkertaistaa hankinnan, suunnittelun ja rakentamisen tehtäviä, koska osakokonaisuuksia voidaan hallita erikseen, mikä puolestaan tekee prosessista selkeämmän. Rakennustyön laajuus määräytyy valmiiden rakennussuunnitelmavaiheen asiakirjojen pohjalta. Kokonaisurakassa riskit on hyvin määritelty ja kohdennettu vakioituilla sopimuksilla. (Koppinen & Lahdenperä 2004.)



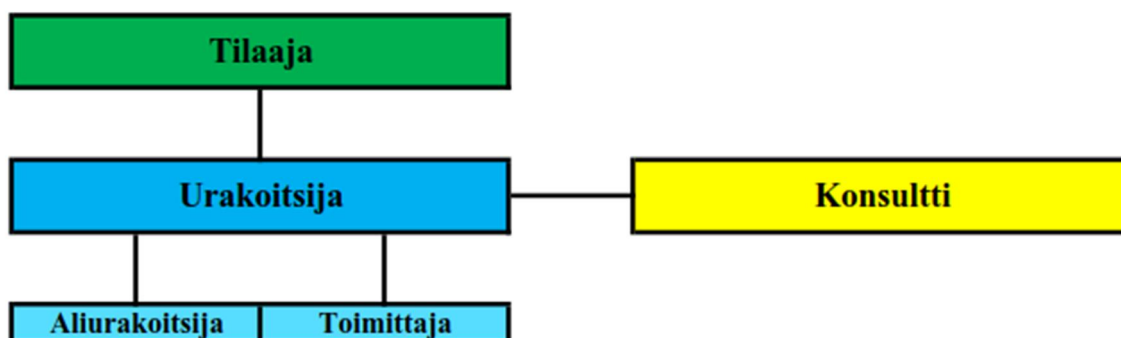
Kuva 7. Kokonaisurakan osapuolet ja niiden keskinäiset suhteet (muokattu lähteistä Molin & Matintupa 2008, Bergroth 2015).

Kokonaisurakassa suunnittelu tehdään ennen rakentamista ja rakennusurakoitsijan kilpailuttamista, joten se asettaa mallintamiselle urakkamuodoista kaikkein laajimmat ja tarkimmat vaatimukset. Kokonaisurakassa kaiken mallintamisen tulee perustua voimassa oleviin ohjeisiin ja tarjouspyynnössä esitettyihin vaatimuksiin, eikä soveltamiselle ole juurikaan varaa. Lisäksi konsultin suunnittelijan on käytännössä mahdotonta vastata rakennusurakoitsijan toiveisiin mallintamiseen liittyvissä asioissa.

2.2.2 Suunnittele ja toteuta -urakka (ST)

Suunnittele ja toteuta -urakassa (ST) yksi (pää)urakoitsija tai työyhteisöliittymä on sopimusvastuussa sekä suunnittelusta että rakentamisesta. Pääurakoitsijalla tai työyhteisöliittymällä voi olla aliurakoitsijoita tai erilaisia tavarantoimittajia. ST-urakan osapuolten keskinäiset toimintasuhteet on kuvattu kuvassa 8. Suunnittelu ja rakentaminen perustuvat aiempiin suunnitteluvaiheisiin, erityisesti tiesuunnitelmaan, sekä tilaajan hankkeelle asettamiin tavoitteisiin. Suunnittelun ja rakentamisen yhdistäminen ohjaa vastuun yhdelle taholle ja mahdollistaa suunnittelun ja rakentamisen osittaisen päällekkäisyyden, ja siten mahdollistaa myös joustavat suunnitelmamuutokset. ST-urakassa tilaajalla on mahdollisuus arvioida tarjoajien hintaa ja teknisiä ratkaisuja. Kausittainen kunnossapito kilpailutetaan erikseen tai se toteutetaan tilaajan toimesta. (Koppinen & Lahdenperä 2004.)

Suunnittele ja toteuta -urakassa tarjoajat saavat osittain valmiit suunnitelmat, jotka sisältävät tarjouspyynnössä olevat hankkeen pakolliset vaatimukset. Tilaajan tehtävänä on tunnistaa hankkeen tavoiteltu lopputulos ja määritellä selvästi työn laajuus sekä asettaa vaatimukset teknisille ratkaisuille. Tarjoaja puolestaan laatii hinnoitellun tarjouksen, jossa esitetään, miten suunnittelu saatetaan loppuun ja rakentaminen toteutetaan. Tarjousten arvioiminen on vaikeampaa kuin kokonaisurakassa tarjousten erilaisten teknisten ratkaisujen vuoksi. Tarjousten vertailu voidaan perustaa täysin teknisiin ratkaisuihin (laatuun) perustuvaan arviointiin, täysin hintaan perustuvaan arviointiin tai näiden kahden yhdistelmään. ST-urakan sopimus on käytännössä kiinteä kertasummainen sopimus, joka antaa tilaajalle jo melko aikaisessa vaiheessa prosessia kohtalaisen tarkan lopullisen hinnan. (Koppinen & Lahdenperä 2004.)



Kuva 8. ST-urakan osapuolet ja niiden keskinäiset suhteet (muokattu lähteistä Molin & Martintupa 2008, Bergroth 2015).

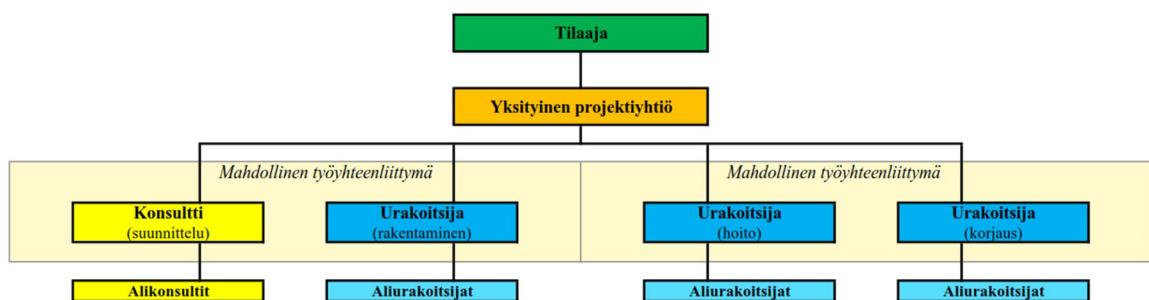
ST-urakassa vaatimukset mallintamiselle eivät ole aivan yhtä tiukat ja joustamattomat kuin kokonaisurakassa. Tämä on mahdollista, koska urakkamuodolle tyypillisesti on suunnittelijan ja urakoitsijan välillä hyvä kommunikointiyhteys. Lisäksi suunnittelija pystyy paremmin vastaamaan tilaajan ja urakoitsijan tarpeisiin ja muutosehdotuksiin, jotka liittyvät mallintamiseen, koska suunnittelua tehdään osittain rakentamisen kanssa päällekkäin ja mahdolliset ongelmat voidaan ratkaista yhteistyöllä.

2.2.3 Elinkaarimalli (PPP)

Elinkaarimallia (PPP, *Public Private Partnership*) käytetään erityisesti suurten väylähankkeiden toteuttamisessa. Elinkaarimallissa julkinen sektori hankkii väyläomaisuuden kokonaisvaltaisella palvelusopimuksella, joka sisältää väylän suunnittelun, rakentamisen ja kunnossapidon. Elinkaarimallissa hankkeen toteutusta varten perustetaan projektiyhtiö, jossa osakkaina ovat ainakin tilaaja ja palvelun tuottaja (rakennusyritys). Projektiyhtiö vastaa hankkeen rahoituksesta, johon sisältyvät yleensä vähintään omistajien sijoitukset ja pankkien tai rahoitusyhtiöiden lainat. Projektiyhtiön alla toimivat hankkeen suunnittelijat, rakennusurakoitsija(t) sekä väylän valmistuttua kunnossapidon urakoitsija(t), kuten kuvassa 9 on esitetty. Elinkaarimallissa hankkeen toteutusvaihe, suunnittelu ja rakentaminen, on yleensä lähes identtinen ST-urakassa käytettävän menettelyn kanssa. (Lehtikankare & Nygård 2013.)

Kunnossapidon sopimusaika on yleensä kymmenien vuosien mittainen, esimerkiksi 30 vuotta. Koska palvelun tuottajalla on vastuu rakentamansa väylän kunnossapidosta, on sillä myös motiivi laadukkaaseen rakentamiseen ja siten väylän koko elinkaarenaikaisten kustannusten minimointiin. Hankkeen yhteydessä hankittujen maa-alueiden ja rakennetun väylän omistusoikeus säilyy koko ajan julkisella tilaajalla, mutta kohteen käyttö- ja hallintaoikeus on palvelun tuottajalla. Projektiyhtiön vastuulla on, että väylä on käytettävissä käyttöönotosta sopimusajan loppuun asti, minkä jälkeen sopimuskohde siirtyy tilaajan haltuun. (Lehtikankare & Nygård 2013.)

Elinkaarimallissa palvelun tuottajalle maksettava korvaus perustuu tilaajan palvelumaksuihin sopimuskauden aikana. Palvelumaksua maksetaan kuitenkin vasta väylän liikenteelle avaamisen jälkeen, mikä yleensä nopeuttaa rakentamista. Esimerkiksi tullitiet toimivat samankaltaisella toimintaperiaatteella, mutta niissä tien käyttäjät maksavat palvelumaksut tietulleina tietä käyttäessään. Maksuperuste voi olla käytettävyyss- tai kysyntäperusteinen, mutta käytettävyyssperusteista pidetään riskittömämpänä. Lisäksi, kun rakennus- ja kunnossapitokustannukset jaetaan pidemmälle sopimuskaudelle, kohdistuvat ne paremmin väylää käyttävälle sukupolvelle. (Lehtikankare & Nygård 2013.)



Kuva 9. Elinkaariurakan osapuolet ja niiden keskinäiset suhteet (muokattu lähteistä Molin & Matintupa 2008, Bergroth 2015).

Elinkaarimalli on suunnittelu- ja toteutusvaiheen osalta hyvin samankaltainen kuin ST-urakka. Täten esimerkiksi mallintamisen käytännöt ovat yleensä joustavampia vuoropuhelun ansiosta sekä puutteisiin, muutoksiin ja ongelmakohtiin reagoiminen on yleensä helpompaa

kuin kokonaisurakassa. Elinkaarimallissa toteumatietojen kerääminen ja keskittäminen samaan projektipankkiin suunnitelmamallien ja toteutusmallien kanssa helpottaa hankkeen elinkaarenaikaista tiedonhallintaa ja toteumamallien tekemistä.

2.2.4 Allianssimalli

Allianssimalli saapui Suomeen 2000-luvun alkupuolella, kun siitä alettiin kehittää Suomessa toteutettaviin hankkeisiin soveltuvaa muotoa, ja on siten verrattain uusi hankemuoto Suomessa. Allianssimallissa hankkeen eri osapuolet (esim. tilaaja, konsultit, urakoitsijat, toimittajat jne.) muodostavat allianssin yhteisellä sopimuksella, kuten kuvassa 10 on esitetty. Allianssimallin ja -sopimuksen perustana on hankkeen hyötyjen ja riskien jakaminen kaikkien osapuolten kesken tasapuolisesti etukäteen sovitulla tavalla. Palveluntuottajan (esim. konsultin, urakoitsijan ja toimittajan työyhteisöliittymä) valinta tehdään neuvottelumenettelyllä ja työpajoin, joissa arvioidaan erityisesti ryhmän kykyä toimia avoimesti, luottamuksessa ja yhteistyössä jäsentensä kesken sekä ryhmän osaamista, ja siten ryhmän kykyä toimia allianssin edellyttämällä tavalla. Allianssin peruserätyyksiä pidetäänkin seikkoja, kuten yhteinen riskien jako, yhteinen päätöksenteko, yhteisvastuullisuus, luottamus, avoimuus ja läpinäkyvyys. Näihin seikkoihin peilattuina allianssille asetettavia tavoitteita ovat muun muassa rakentamisen tuottavuuden paraneminen; toimintakulttuurin muuttaminen avoimempaan ja syvempään luottamukseen perustuvaan toimintatapaan; lopputuotteen laadukkaampi, nopeampi ja edullisempi tuottaminen sekä innovatiivisuuden ja osaamisen kehittäminen. (Yli-Villamo & Petäjäniemi 2013.)

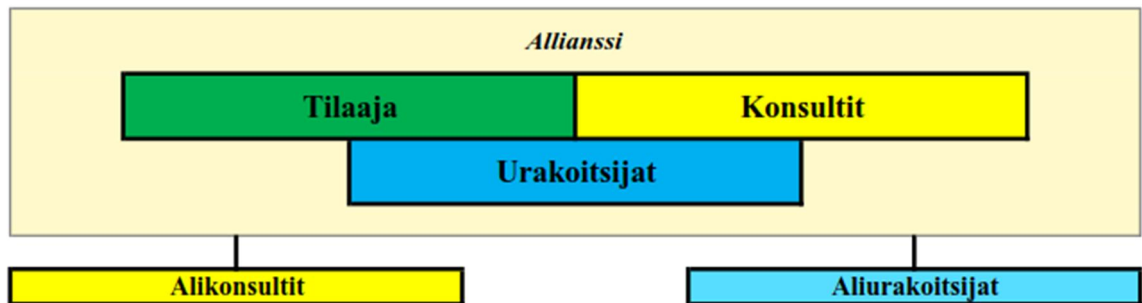
Yli-Villamon ja Petäjäniemen (2013) mukaan allianssimalli soveltuu hankkeisiin, joissa yksi tai useampi seuraavista kriteereistä täyttyy:

- Hanke on suuri ja sisältää riskejä sekä hanketta pystytään hallitsemaan yhteistyöllä paremmin.
- Hanke on kustannuskriittinen ja hankkeen tavoitteena on laadukas, ennalta-arvattava kustannusten hallinta.
- Hankkeen on kriittistä valmistua aikataulussa.
- Hanke toteutetaan vaativassa ympäristössä ja siihen liittyy useita eri tekniikkalajeja.
- Hanke on kriittinen eri toimijoiden väliselle hyvälle yhteistyölle ja yhteistyöllä voidaan saavuttaa merkittäviä hyötyjä.
- Hankkeeseen sisältyy mahdollisuus etsiä vaihtoehtoisia ratkaisuja kokonaisvaltaisesti, ja siten tehdä innovaatioita hankkeen myötä.

Allianssimallin organisaatorakenne on melko raskas ja tarjouskilpailuvaihe kuormittava eri osapuolille, joten sitä ei suositella käytettäväksi hankkeisiin, jotka ovat pienehköjä ja sisältävät helposti määriteltävissä olevia riskejä tai vain vähän niitä (Yli-Villamo & Petäjäniemi 2013). Kyseiset hankkeet voidaan toteuttaa yleensä huomattavasti helpommin ja vaivattomammin ns. tavanomaisemmilla hankemuodoilla, kuten kokonais- tai ST-urakkana.

Allianssiurakkaan kuuluu kaksi päävaihetta: kehitysvaihe ja toteutusvaihe. Allianssin vastuulla on hankkeen molempien vaiheiden suorittaminen, mutta eri vaiheita varten laaditaan ja niissä noudatetaan erillisiä sopimuksia: kehitysvaiheessa kehitysvaiheen allianssisopimus (KAS) sekä toteutusvaiheessa toteutusvaiheen allianssisopimus (TAS). Kehitysvaiheessa sovitetaan muun muassa hankkeen aikataulusta, laadunvarmistuksesta, riskikartoituksesta,

avaintulosalueiden suorituskykymittareista ja tavoitekustannuksista. Lisäksi, jotta tavoite-
kustannus voidaan määrittää, on hankkeen suunnittelu toteutettava kehitysvaiheessa. Toteu-
tusvaiheessa suunnitelmat viimeistellään lopullisiksi ja toteutetaan rakentaminen. Lisäksi to-
teutusvaihe sisältää hankkeen valmistuttua sen luovuttamisen tilaajalle sekä takuuajan, joka
on yleensä viisi vuotta. (Yli-Villamo & Petäjäniemi 2013.)



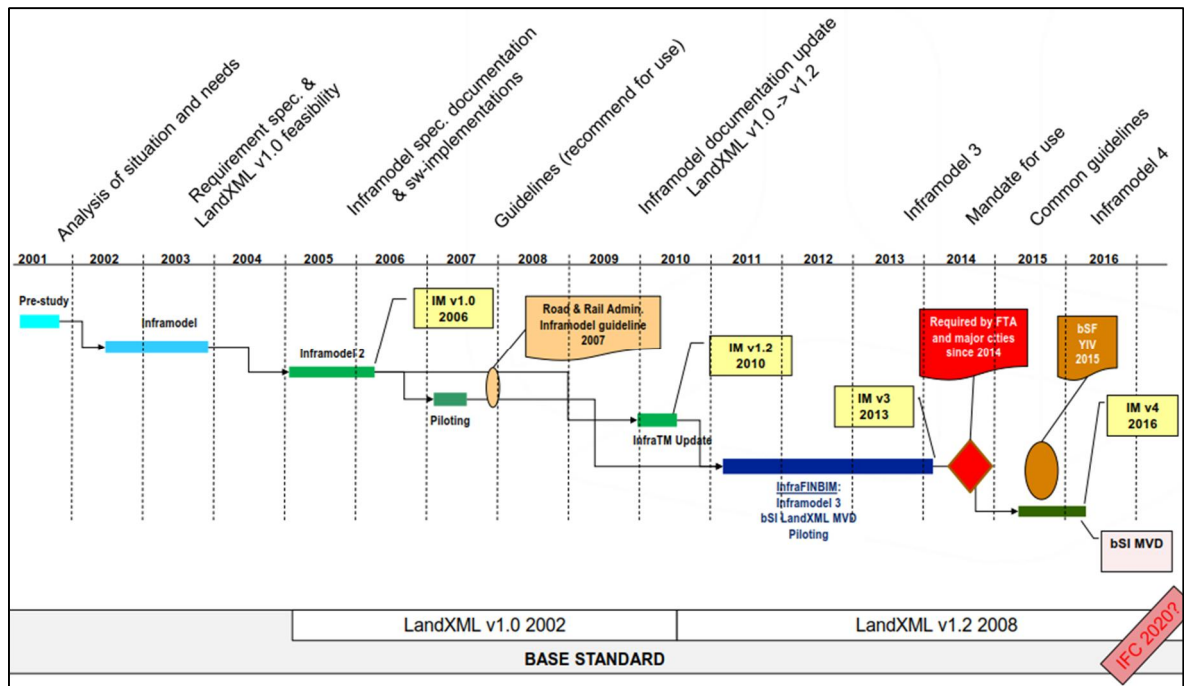
Kuva 10. Allianssiurakan osapuolet ja niiden keskinäiset suhteet (muokattu lähteistä Molin & Matintupa 2008, Bergroth 2015).

Allianssimallissa osapuolten välillä on jatkuva ja tiivis vuorovaikutus, joten mallintamiseen liittyvistä asioista voidaan keskustella avoimesti ja mahdollisia ongelmatilanteita ratkoa tehokkaasti. Koska tilaaja ja urakoitsija ovat mukana allianssissa, on mallintamisen sisältö ja tarkkuus helppo määritellä hankkeen alkuvaiheessa sekä niihin on helppoa ja joustavaa tehdä muutoksia ja tarkennuksia tarpeen tullen.

3 Tietomallintaminen infrahankkeissa

3.1 Historia, kehitys ja hyödyt

Inframallintamisen historian voidaan katsoa juontaneen juurensa Suomessa 2000-luvun alkuun, kun Inframodelin kehitystyö aloitettiin, kuten kuvasta 11 käy ilmi. Inframallintamista on viety eteenpäin erilaisten kehityshankkeiden avulla 2000-luvun aikana (Liukas 2017a).



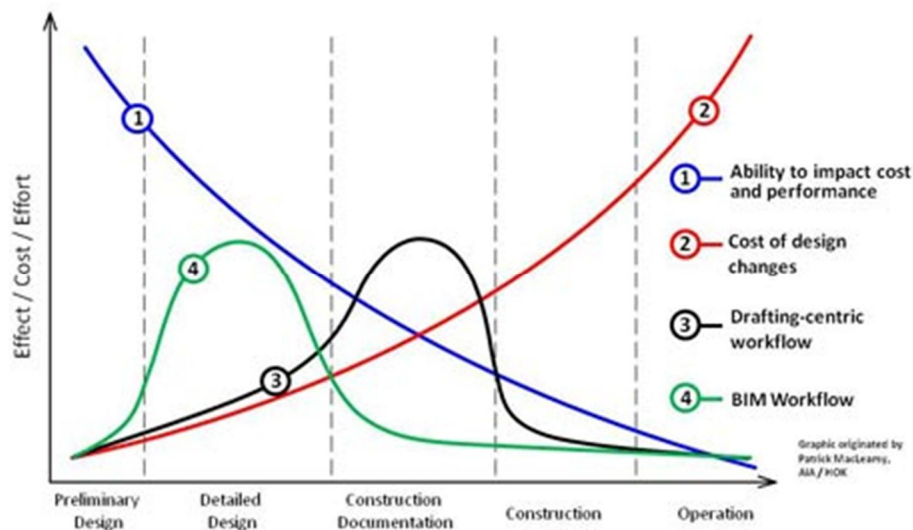
Kuva 11: Inframodel-tiedonsiirron kehitysvaiheet (Liukas 2017b).

Kuitenkin vuonna 2009 käynnistetyllä Infra TM -hankkeella pyrittiin saavuttamaan muutos kohti tuotemallipohjaista elinkaaritiedon yhteiskäyttöä. Hankkeella tavoiteltiin avoimen ja yhtenäisen InfraBIM-tietomallin luomista Suomen markkinoille. Infra TM -hankkeen avulla koordinoitiin myös Inframodel3-formaatin käyttöönottoa Suomessa. Hankkeen painopisteinä olivat muun muassa lähtötietojen saatavuuden ja infraomaisuuden hallinnan kehittäminen sekä suunnittelun ja rakentamisen tuotemallinnuksen edistäminen. (Rakennustietosäätiö 2013, Lötjönen ym. 2013.)

RYM Oy:n vuonna 2010 käynnistämään PRE-tutkimusohjelmaan kuuluneella InfraFINBIM-työpaketilla vietiin infrahankkeiden tietomallintamista eteenpäin Suomessa. InfraFINBIM-työpaketin eräänä visiona oli, että vuodesta 2014 eteenpäin suuret infrahankkeiden tilaajat tilaisivat vain tietomallipohjaisia palveluja. (Lötjönen ym. 2013.) InfraFINBIM-työpaketin tuloksina julkaistiin Yleisten Inframallivaatimusten ensimmäiset luonnosversiot vuonna 2014 (buildingSMART Finland 2017a). Yleisten Inframallivaatimusten valmistelutyöstä vastasivat kesään 2014 asti InfraFINBIM-työpaketin osapuolet, jonka jälkeen ohjetyöstä on vastannut bSF:n Infra-toimialaryhmä (Niskanen 2015). bSF julkaisi vuosien 2015 ja 2016 aikana 12-osaisen Yleiset Inframallivaatimukset 2015 -ohjesarjan (buildingSMART Finland 2017a).

Kuvassa 12 on esitetty sinisellä viivalla (1) suunnittelijan mahdollisuus vaikuttaa projektin kustannuksiin ja ratkaisujen toimivuuteen sen elinkaaren aikana. Vaikutusmahdollisuudet ovat suurimmillaan alustavien suunnitteluvaiheiden aikana ja laskevat nopeasti projektin edetessä. Punaisella viivalla (2) on puolestaan esitetty suunnitelmamuutosten kustannukset projektin eri vaiheissa. Ne ovat pienimmillään alustavien suunnitteluvaiheiden aikana, mutta kasvavat nopeasti projektin edetessä. Mustalla viivalla (3) kuvataan perinteisen, piirustuksiin perustuvan suunnittelutavan aiheuttama työmäärä suunnittelijoille projektin eri vaiheissa. Tämä on suurimmillaan rakentamiseen tuotettavan dokumentaation kohdalla. (Strafaci 2014.)

Vihreällä viivalla (4) kuvataan tietomallipohjaisen suunnittelutavan aiheuttamaa työmäärää suunnittelijoille projektin eri vaiheissa. Tämä on suurimmillaan yksityiskohtaisen suunnittelun kohdalla. Erona perinteisen ja tietomallipohjaisen suunnittelutavan välillä on työmäärän huipun siirtyminen rakentamiseen tuotettavasta dokumentaatiosta yksityiskohtaiseen suunnitteluun, jossa suunnitelmamuutosten aiheuttamat kustannukset ovat alemmat ja vaikutusmahdollisuudet kustannuksiin ja toimivuuteen ovat paremmat. Perinteinen suunnittelutapa tuottaa yleensä ensimmäisen vaatimukset täyttävän suunnitelmaratkaisun, koska iterointi ja optimointi parhaimman suunnitelmaratkaisun löytämiseksi on kallista ja työlästä. Tietomallipohjaisessa suunnittelutavassa on puolestaan vaivattomampaa ja kustannustehokkaampaa tuottaa vaihtoehtoisia suunnitelmaratkaisuja parhaan lopputuloksen saavuttamiseksi. (Strafaci 2014.)



Kuva 12: Tietomallipohjainen toimintatapa suhteessa perinteiseen suunnitteluun ja rakentamiseen tiehankkeessa (Strafaci 2014).

Tietomalleja voidaan käyttää myös rakentamisen aikana. Tietomallipohjaisia aineistoja hyödyntävällä työkonemaatiolla saavutettavia hyötyjä rakentamisen aikana ovat muun muassa työkonen parantunut tarkkuus ja sen seurauksena pienemmät materiaali- ja kuljetuskustannukset, työtehon ja -nopeuden kasvu, parantunut työturvallisuus, paremmat mahdollisuudet työskennellä huonossa säässä sekä tehokkaampi toteumamittausten dokumentointi (Novatron koneohjausjärjestelmät 2017).

3.2 Ohjekokonaisuus

Inframallintamisen ohjekokonaisuus sisältää kolme toisiaan täydentävää osaa. Nämä osat ovat mallinnusvaatimukset, formaatit ja nimikkeistöt, kuten kuvassa 13 on esitetty. Mallinnusvaatimuksissa kuvataan, mitä mallinnetaan ja miten mallinnetaan. Formaattien osalta pyritään hyödyntämään avoimia, standardeihin perustuvia tiedonsiirtoformaatteja ja rajapintoja, jotta tiedonsiirto eri tahojen ja ohjelmistojen välillä olisi mahdollisimman yhteensopivaa. Nimikkeistöä voidaan pitää yhteisenä kielenä, johon mallintaminen perustuu. (Liikennevirasto 2017.)



Kuva 13. Inframallintamisen ohjekokonaisuus (Liikennevirasto 2017).

Mallinnusvaatimukset ja -ohjeet

Infra-alan suurimmat tilaajat ovat asettaneet tavoitteeksi siirtyä hankkeissa tietomallintamisen käyttöön. Tästä syystä on syntynyt tarve tietomallivaatimuksille ja -ohjeille. Infrahankkeissa on keskeistä, että tilaajilla ja palvelun tuottajilla on yhteinen näkemys mallinnettavista asioista ja mallintamisen vaatimuksista hankkeiden eri vaiheissa. (Liikennevirasto 2017.)

Tiehankkeissa noudatettavat inframallintamisen keskeiset ohjeet ja julkaisut pitävät sisällään muun muassa Yleiset inframallivaatimukset (YIV) -ohjesarjan (bSF), Tie- ja ratahankkeiden inframalliohjeen (Liikenneviraston ohjeita 12/2017), Inframodel-käyttöönotto-ohjeen (bSF)

sekä InfraBIM-nimikkeistön (bSF). Lisäksi siltojen osalta noudatetaan Siltojen tietomalliohjetta (Liikenneviraston ohjeita 6/2014) sekä rakennusten osalta YTV2012 Yleiset tietomallivaatimukset 2012 – kiinteistöjen ja rakennusten mallinnusohjeita (bSF). (Liikennevirasto 2017.)

Ajantasaiset mallinnusohjeet ovat Liikenneviraston ohjeiden osalta sen internet-sivuilla ja buildingSMART Finlandin (bSF) ohjeiden osalta sen internet-sivuilla. Tietomallipohjaiseen hankkeeseen osallistuvan henkilön on perehdyttävä Yleisten inframallivaatimusten osiin 1, 2 ja 8 sekä osiin, joissa käsitellään oman alan tietomallintamista. Taulukossa 1 on esitetty Yleiset inframallivaatimukset -ohjesarjan osat ja niiden keskeinen sisältö. Yleisiä inframallivaatimuksia voidaan käyttää hankintojen yhteydessä yleisinä teknisinä viiteasiakirjoina. (Liikennevirasto 2017.)

Taulukko 1. Yleiset inframallivaatimukset (YIV) -ohjesarjan osat ja niiden sisältö. Ohjeen keskeinen sisältö -sarakkeen sisältö on lainattu kyseisestä ohjeesta tai siinä on esitetty ohjeen sisällysluettelon mukainen pääasiallinen sisältö.

Ohjesarjan osa	Keskeinen sisältö
1. Tietomallipohjainen hanke	Ohje toimii yleisenä johdantona tietomallinnusta hyödyntävän infrahankkeen toimintamalliin.
2. Yleiset mallinnusvaatimukset	Ohje kuvaa projekteissa tehtävän tietomallinnuksen perusasiat ja -käsitteet sekä tietomallien tuottamista ja hyödyntämistä eri hankevaiheissa koskevat vaatimukset ja ohjeet yleisesti.
3. Lähtötiedot	Ohjeessa määritellään infrahankkeita varten muodostettavan lähtötietomallin sisältö sekä sisällölle ja mallin muodostusprosessille asetettavat vaatimukset.
4. Inframalli ja mallinnus hankkeen eri suunnitteluvaiheissa	Ohjeessa käsitellään teiden, ratojen, katujen ja puistojen mallinnusvaatimuksia suunnitteluvaiheissa ennen rakentamiseen tähtäävää suunnittelua. Ohjetta voidaan soveltaa myös muiden alueiden, kuten vesiväylien ja kiinteistöjen piha-alueiden suunnitteluun.
5.1 Rakennussuunnitelmavaiheen maa-, pohja- ja kalliorakenteet sekä päällysy- ja pintarakenteet	Ohjeessa määritellään maarakentamisessa käytettävien rakennussuunnitelmavaiheen mallien sisältö rakennusosien geometrian ja ominaisuuksien osalta. Ohjeen mukaisilla, yhtenäisillä menettelytavoilla on tavoitteena saada rakennussuunnitelmavaiheessa tuotetuista tietomalleista ja niiden sisällöistä yhdenmukaisia.
5.2 Maanrakennustöiden toteutusmallin (koneohjausmalli) laadintaohje	Ohjeessa määritellään maanrakentamisessa käytettävien toteutusmallien sisältö sekä tarkkuusvaatimukset tie-, katu- ja rataväylien sekä -alueiden pintojen osalta. Ohjeessa kuvatuilla yhtenäisillä menettelytavoilla on tavoitteena saada rakennussuunnitelmavaiheessa tuo-

	tetuista toteutusmalleista yhdenmukaisia ja mahdollisimman hyvin suoraan työkoneohjausjärjestelmien käyttöön soveltuvia jatkuvia 3D-toteutusmalleja.
5.3 Maarakennustöiden toteumamallin laadintaohje	Ohjeessa määritellään maanrakentamisessa käytettävien toteumamallien sisältö sekä tarkkuusvaatimukset tie-, katu- ja rataväylien pintojen osalta. Ohjeessa kuvatuilla yhtenäisillä menettelytavoilla on tavoitteena saada rakennetun infran mukainen toteumamalli osaksi inframallia.
6. Järjestelmät	Ohjeessa tarkastellaan teiden, katujen ja ratojen sekä alueiden järjestelmien mallinnustapaa. Järjestelmät koostuvat yleensä INFRA 2015 rakennusosa- ja hankenimikkeistön luvun 3000 JÄRJESTELMÄT mukaisista rakennusosista.
7. Rakennustekniset rakennusosat	Ohjeessa käsitellään Infra 2015 rakennusosanimikkeistön rakennusteknisiä rakennusosia (RO 4000). Ohje painottuu väylähankkeisiin ja ohjeen käyttöalue on taitorakenteet poisluettuina siltarakenteet. Ohje määrittelee infrahankkeissa käytettävien rakennusteknisten rakenneosien tietomallien tietosisällön tarkkuuden projektin eri vaiheissa.
8. Inframallin laadunvarmistus	Ohjeen pääpaino on suunnittelu- ja toteutusmallivaiheissa. Ohjeessa pyritään antamaan konkreettisia ja tähän mennessä hankkeissa hyväksi havaittuja esimerkkejä laadunvarmistukseen liittyvistä toimenpiteistä hankeprosessin eri vaiheissa. Ohjeessa esitetyt laadunvarmistustoimenpiteet liittyvät pääosin mallin teknisen sisällön tarkastukseen, ei suunnitelman oikeellisuuden arviointiin.
9. Määrälaskenta ja kustannusarvio	Ohjeessa käsitellään määrälaskennan vaatimuksia infran tietomalleille, määrälaskentaa ja kustannusarvioita hankkeen eri vaiheissa sekä määrälaskennan prosessia urakkalaskentavaiheessa. Ohje tukeutuu Infra 2006 rakennusosa- ja hankenimikkeistöön sekä sen pohjalta jalostettuun InfraBIM-nimikkeistöön sekä InfraBIM-sanastoon.
10. Havainnollistaminen	Ohjeessa käsitellään teknistä havainnollistamista, esittävää havainnollistamista sekä havainnollistamista hankkeen eri vaiheissa. Ohjeessa ei oteta kantaa esittävän havainnollistamisen laatuvaatimuksiin.
11.1 Inframallinnus päällysteiden korjaamisessa	Ohjeessa esitellään mallintamisen hyödyntämistä infran hallinnassa. Ohjeessa esitellään yleisesti tietomallintamisen käyttömahdollisuuksia ja kokemuksia eri-

	laisissa infran hallinnan tehtävissä sekä annetaan ohjeita päällysteiden korjaamisesta mallipohjaista suunnittelua hyödyntäen.
12. Inframallin hyödyntäminen suunnittelun eri vaiheissa ja rakentamisessa	Ohjeessa kuvataan työkoneautomaatiota hyödyntävän tie- ja ratarakennushankkeen mallipohjaisen laadunvarmistusmenettelyn käyttöönoton edellytykset, päävaiheet ja dokumentoituva aineisto. Ohjeen menetelmä on tarkoitettu sovellettavaksi infrarakentamisen maa- rakenteiden ja soveltuvien osin kerrosrakenteiden geometristen mittojen laadunvalvontaan.

Tie- ja ratahankkeiden inframalliohjeessa kuvataan tietomallipohjaisen hankkeen minimivaatimukset. Ohjeen tavoitteena on tarkentaa tie- ja ratahankkeiden mallinnusprosessin yleistä ohjeistusta ja antaa työkaluja tietomallipohjaisen hankkeen ohjaukseen. Lisäksi ohjeessa on kuvattu jo nykyisin tietomallipohjaisessa toiminnassa hyödynnettäviä käytäntöjä ja toimintatapoja. Ohje on tarkoitettu sovellettavaksi ensisijaisesti tie- ja ratahankkeisiin, mutta siinä esitettyjä vakioituja toimintatapoja voidaan hyödyntää myös muissa hankkeissa. (Liikennevirasto 2017.)

Tie- ja ratahankkeiden inframalliohje tukee siirtymistä tietomallipohjaiseen toimintaan. On kuitenkin otettava huomioon, että mallinnusohjeet ohjaavat ja määrittelevät vain tietomallintamista. Niissä ei oteta kantaa suunnitelmien oikeellisuuteen, joten suunnittelun ja rakentamisen osalta tulee noudattaa tilaajan muita sisältö- ja toimintaohjeistuksia. (Liikennevirasto 2017.)

Kyllönen (2017) on opinnäytetyössään käsitellyt Yleisten inframallivaatimusten palautteen ja kehitysehdotusten keräämistä. Hän ehdottaa tutkimuksessaan YIV-ohjesarjan osille uutta osajakoa siten, että osien sisältö ja nimeäminen vastaisivat hankkeen elinkaaren mukaista prosessia. Tällöin uuden osajaon mukaan jokaiselle hankkeen osalle, kuten lähtötiedoille, suunnittelulle, toteutukselle, toteumalle ja kunnossapidolle olisi ohjeistuksessa oma osansa, josta hankkeen eri vaiheiden toimijat löytäisivät helpommin omaa tarvettaan vastaavan ohjeistuksen. Yleisten inframalliohjeiden päivityskierros on käynnistetty syksyllä 2017 ja ohjesarjan uusi versio on tarkoitus julkaista vuoden 2018 aikana (Liukas 2017a).

Formaatit

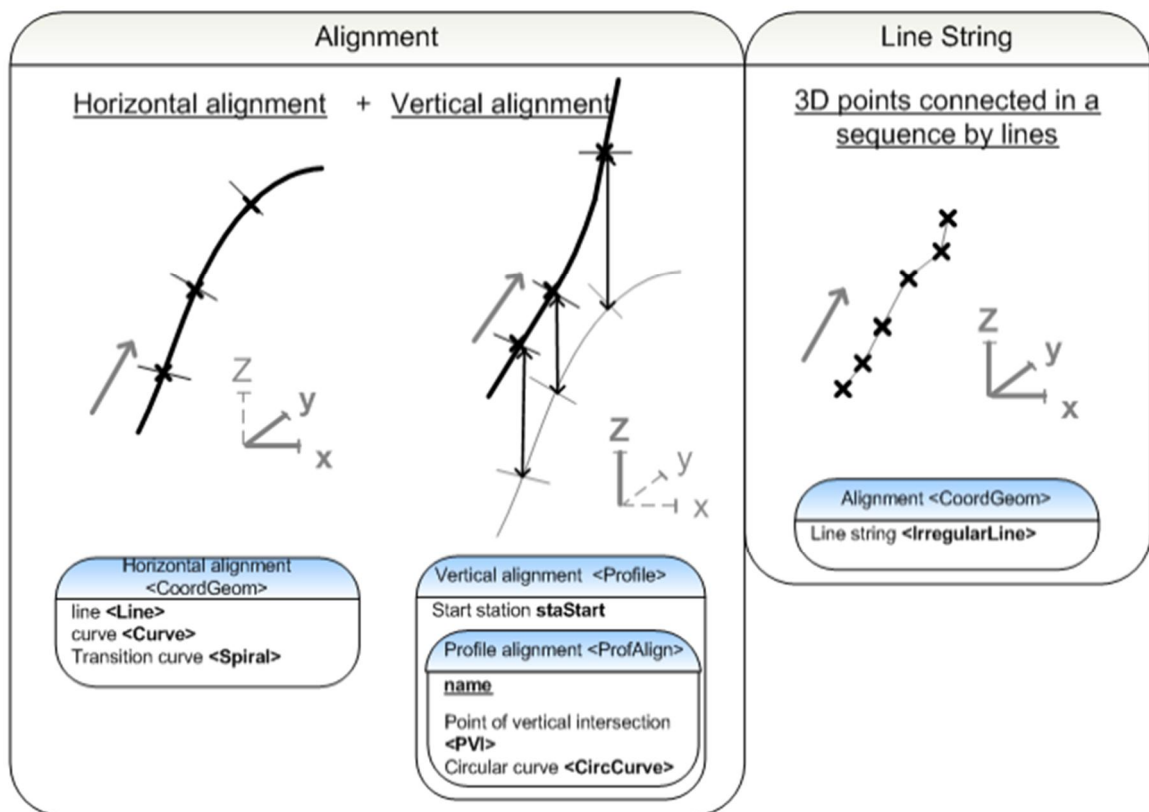
Tietomallipohjaisilla formaateilla mahdollistetaan geometrian ohella laajasti ominaisuustietojen siirtämistä. Siltojen ja muiden taitorakenteiden osalta käytetään yleisesti IFC-tiedonsiirtoformaattia (*Industry Foundation Classes*) ja muun infran osalta Inframodel-tiedonsiirtoa. Lisäksi joidenkin infran suunnitelmien osalta on tarpeen käyttää muita formaatteja, kuten DWG, DXF tai GT. Näissä formaateissa on kuitenkin heikkoutena se, että rakennusosien ominaisuustietojen siirtyminen kyseisten formaattien avulla on varsin rajallista. (Liikennevirasto 2017.)

Inframodel-formaatti on avoin tiedonsiirtoformaatti, joka perustuu kansainväliseen LandXML-standardiin. Inframodel on rakennettu LandXML:n osajoukkona, mutta siihen on lisätty laajennuksia LandXML-standardin perusteella ja sen sallimilla tavoilla. Näillä laajennuksilla on mahdollistettu sellaisten tietojen siirto, joita ei olisi mahdollista tehdä pelkän

LandXML-standardin mukaisella tavalla. Esimerkiksi vesihuoltoverkoston kaivoille on lisätty Inframodel-formaattiin tarpeellisia ominaisuustietoja, joita ei ole tavanomaisessa LandXML-standardin mukaisessa tiedonsiirrossa. (Liukas 2013.)

Liukkaan (2013) mukaan Inframodel3-tiedonsiirtoon ei kuitenkaan sisälly muun muassa:

- ”paaluja, paalulaattoja eikä pilaristabilointia
- varusteiden ominaisuustietoja (vesihuoltoa ja kuivatusta lukuun ottamatta)
- liikennemerkkejä, viittoja, suunnistustauluja, tiemerkintöjä
- tarkkuus/toleranssitietoja
- määrälaskentatietoja
- materiaalitietoja tai maalajikerrosten ominaisuustietoja
- versiointia tai revisiointia tiedoston sisällä.”



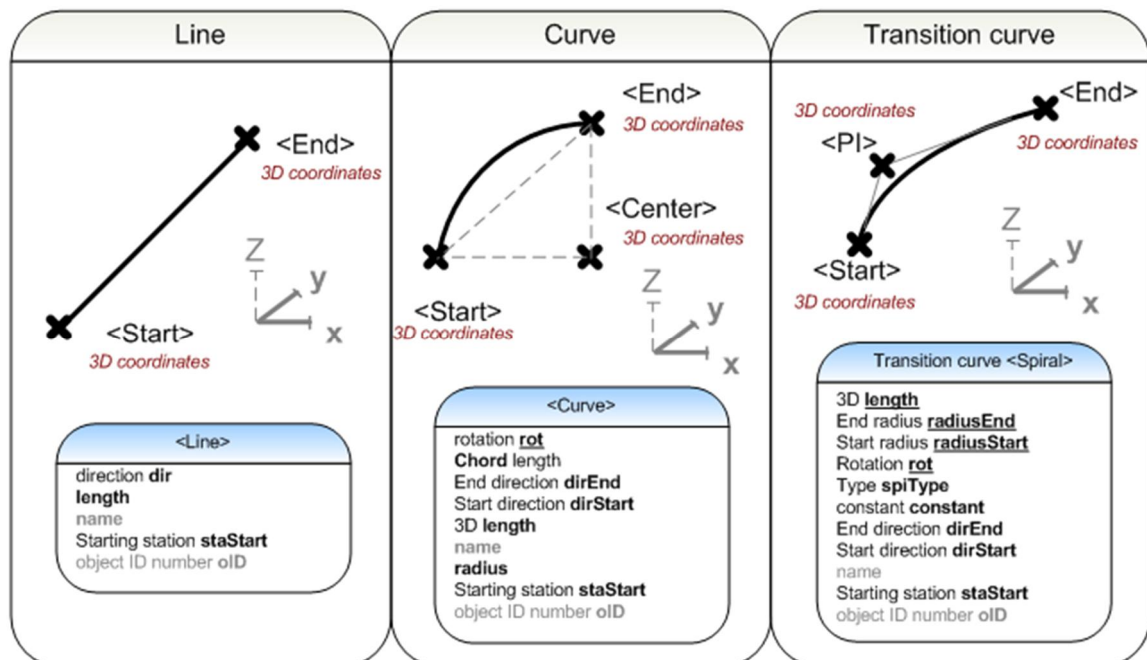
Kuva 14. Inframodel3-formaatin mukainen vaaka- ja pystygeometria sekä taiteviiva (buildingSMART Finland 2016a).

Nykyinen käytössä oleva Inframodel3-skeema määriteltiin InfraFINBIM-hankkeessa ja se perustuu LandXML-standardin versioon 1.2. Inframodel3-formaatissa siirrettävät tiedot voivat olla esimerkiksi väylän vaaka- ja pystygeometrian tietoja sekä erilaisia väylien taiteviivoja ja kolmiopintoja, kuten kuvasta 14 ilmenee. XML-kieliin perustuvissa formaateissa, myös LandXML:ssä, on yleistä, että varsinaisen siirrettävän tiedon lisäksi siirretään paljon metatietoja, eli tietoja tiedosta. Tällaisia metatietoja voivat olla esimerkiksi suunnittelijan

nimi, yritys, yhteystiedot, suunnittelujärjestelmä (ohjelma), korkeus- ja koordinaattijärjestelmä sekä muita vastaavia tietoja, kuten esimerkiksi 1 käy ilmi. (Liukas 2013.)

```
<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1" standalone="yes" ?>
<LandXML xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance" xsi:schemaLocation="http://www.inframodel.fi/inframodel http://www.inframodel.fi/schemas/3.0.1/inframodel.xsd" xmlns="http://www.inframodel.fi/inframodel" date="2017-05-17" time="15:09:15" version="1.2" language="Finnish" readOnly="false">
<FeatureDictionary name="inframodel" version="3.0.1">
  <DocFileRef name="Finnish inframodel application documentation for LandXML v1.2" location="http://cic.vtt.fi/inframodel/" />
</FeatureDictionary>
<Project name="KeltakankaanEtl" desc="Keltakankaan etl" state="proposed">
  <Feature code="IM_codings" source="inframodel">
    <Property label="surfaceCoding" value="Tielaitos" />
    <Property label="terrainCoding" value="Tielaitos" />
    <Property label="infraCoding" value="InfraBIM" />
    <Property label="proprietaryInfraCoding" value="CityCad" />
  </Feature>
</Project>
<Units>
  <Metric areaUnit="squareMeter" linearUnit="meter" volumeUnit="cubicMeter" temperatureUnit="celsius" pressureUnit="mmHG" directionUnit="grads" angularUnit="grads" diameterUnit="meter" widthUnit="meter" heightUnit="meter" velocityUnit="kilometersPerHour" />
</Units>
<CoordinateSystem horizontalCoordinateSystemName="ETRSKG27" verticalCoordinateSystemName="N2000" desc="National Land Survey Finland" rotationAngle="0" />
<Application name="CityCad" manufacturer="Sito" manufacturerURL="http://www.sito.fi" version="5.31" timeStamp="2017-05-17T15:09:15">
  <Author createdBy="Juha Väisänen" createdByEmail="juha.vaisanen@sito.fi" timeStamp="2017-05-17T15:09:15" company="Sito Oy" companyURL="www.sito.fi" />
</Application>
```

Esimerkki 1. Inframodel3-tiedoston metatietoja Vt15 Keltakankaan eritasoliittymän rakennussuunnitelmassa.

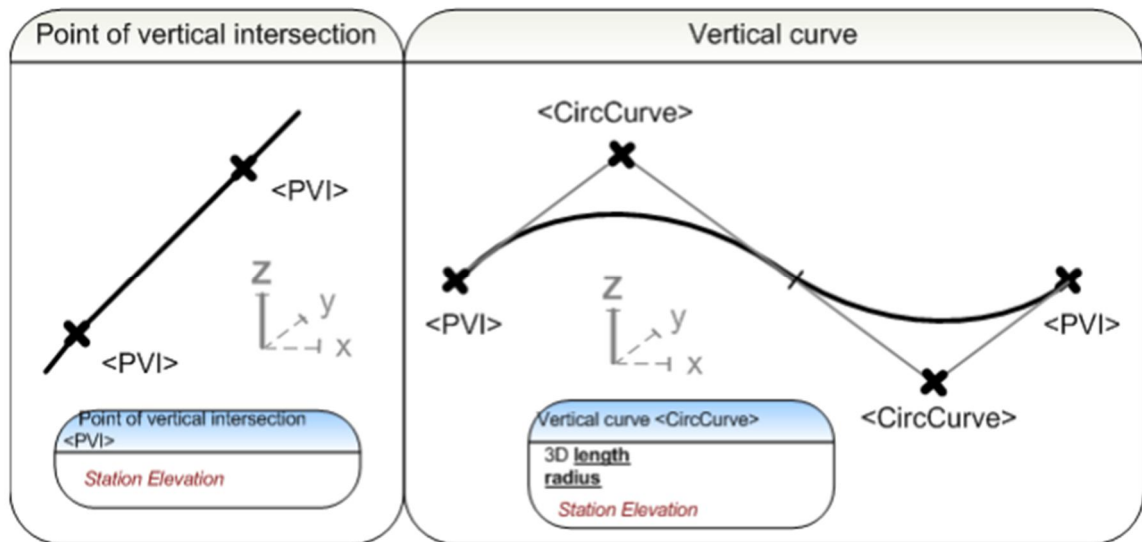


Kuva 15. Inframodel3-formaatin mukainen esitystapa väylän vaakageometriaelementeille (buildingSMART Finland 2016a).

Väylän mittalinjan vaakageometrian elementeistä, suorasta, ympyränkaaresta ja siirtymäkaaresta, tallennetaan Inframodel3-formaattiin kuvassa 15 esitetyt tiedot ja ominaisuudet. Lisäksi esimerkissä 2 on esitetty väylän mittalinjan vaakageometrian tiedot Inframodel3-tiedostossa.

```
<Alignments name="Y39" desc="Yksityistie 39">
<Alignment name="Mittalinja" oID="24217" staStart="0.000" length="96.7099597182593"
state="proposed">
<CoordGeom>
<Curve rot="ccw" chord="15.4986425236039" dirEnd="191.93075929063"
dirStart="211.744112466547" length="15.5613712529832" radius="50.000" staStart="0.000">
<Start>6738179.28515625 27491247.2558594 0.000</Start>
<Center>6738170.11357916 27491296.4074837 0.000</Center>
<End>6738163.79296875 27491246.8085938 0.000</End>
</Curve>
<Line dir="189.602263060956" length="16.0695040398135" staStart="15.5613712529832">
<Start>6738163.79296875 27491246.8085938 0.000</Start>
<End>6738147.93732207 27491249.4215286 0.000</End>
</Line>
<Curve rot="cw" chord="34.3939146184057" dirEnd="193.280498816971"
dirStart="189.630691320047" length="34.3986253859917" radius="600.000"
staStart="31.6308752927967">
<Start>6738147.93732207 27491249.4215286 0.000</Start>
<Center>6738050.64044506 27490657.3629861 0.000</Center>
<End>6738113.85272385 27491254.0238679 0.000</End>
</Curve>
<Line dir="193.279978616072" length="23.2156590396417" staStart="66.0295006787884">
<Start>6738113.85272385 27491254.0238679 0.000</Start>
<End>6738090.76628452 27491256.4699144 0.000</End>
</Line>
<Curve rot="ccw" chord="7.46436671275482" dirEnd="190.917746444077"
dirStart="193.29386607357" length="7.46479999982924" radius="200.000"
staStart="89.2451597184301">
<Start>6738090.76628452 27491256.4699144 0.000</Start>
<Center>6738111.79528288 27491455.3612949 0.000</Center>
<End>6738083.35923193 27491257.3931383 0.000</End>
</Curve>
</CoordGeom>
```

Esimerkki 2. Inframodel3-tiedoston mittalinjan vaakageometrian tiedot Vt15 Keltakankaan eritasoliittymän rakennussuunnitelmassa.



Kuva 16. Inframodel3-formaatin mukainen esitystapa väylän pystygeometriaelementeille (buildingSMART Finland 2016a).

Väylän mittalinjan pystygeometrian elementit, suora ja pyöristyskaari (ympyränkaari), esitetään Inframodel3-formaatissa kuvassa 16 kuvatulla tavalla. Esimerkissä 3 on puolestaan kuvattu Inframodel3-tiedoston pystygeometrian osuus.

```
<Profile staStart="1.000">
  <ProfAlign name="0">
    <PVI>1.000 42.840</PVI>
    <CircCurve length="3.76063843533757" radius="-50.000">5.000000000000001
    42.550</CircCurve>
    <CircCurve length="18.0835559114657" radius="400.000">74.99999999999932
    42.74999999999998</CircCurve>
    <PVI>96.000 41.860</PVI>
  </ProfAlign>
</Profile>
```

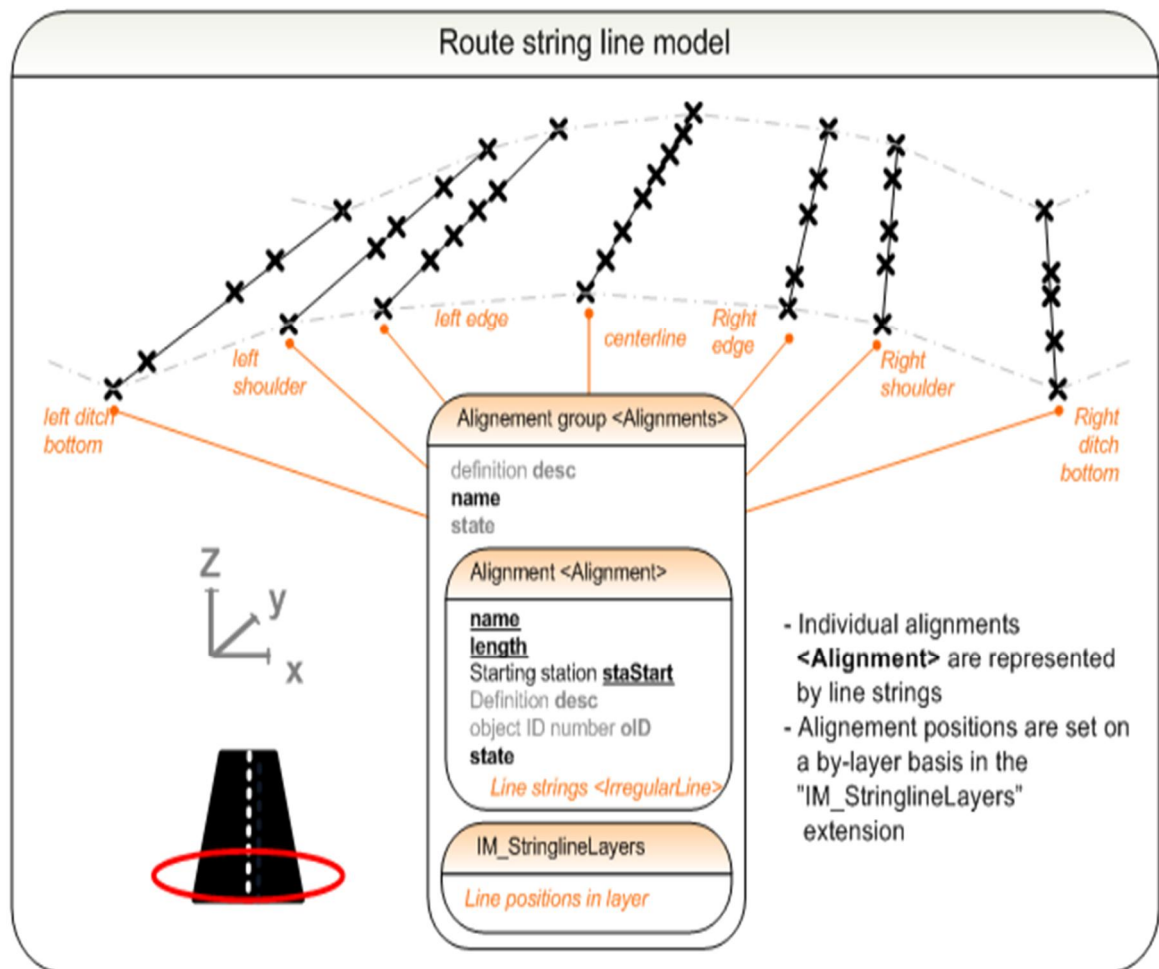
Esimerkki 3. Inframodel3-tiedoston mittalinjan pystygeometrian tiedot Vt15 Keltakankaan eritasoliittymän rakennussuunnitelmassa.

Vaaka- ja pystygeometriaelementtien lisäksi linjan tärkeisiin ominaisuuksiin kuuluu sen koodaus. Koodauksella kerrotaan linjan kuvaus. Esimerkissä 4 on esitetty Mittalinjan (101) koodaus. Muita geometrialinjojen koodeja ovat esimerkiksi Päällysteen reuna (122) ja Reunakivilinjan alareuna (130) ja yläreuna (131). Geometrialinjojen koodauksesta kerrotaan tarkemmin InfraBIM-nimikkeistössä.

```
<Feature code="IM_coding" source="inframodel">
  <Property label="infraCoding" value="101" />
  <Property label="infraCodingDesc" value="Mittalinja" />
  <Property label="proprietaryInfraCoding" value="141001000" />
  <Property label="proprietaryInfraCodingDesc" value="Mittalinja" />
</Feature>
</Alignment>
</Alignments>
</LandXML>
```

Esimerkki 4. Inframodel3-tiedoston geometrialinjan määrittely ja koodaus Vt15 Keltakankaan eritasoliittymän rakennussuunnitelmassa.

Taiteviivat koodataan geometrialinjojen tavoin, jotta ne voidaan erotella toisistaan ja geometrialinjoista. Taiteviivat koostuvat xyz-pistetiedoista ja niiden välille yhdistetyistä janoista (*IrregularLine*). Erilaisia taiteviivojen koodeja ovat muun muassa Sisäluiskan yläreuna (123) ja alareuna (124), Ulkoluiskan alareuna (125) ja yläreuna (126), Muu pinnan taite (127) sekä Ojan reuna (140) ja Ojan pohja (141). Taiteviivojen koodauksesta kerrotaan tarkemmin InfraBIM-nimikkeistössä. Kuvassa 17 on esitetty erilaisia väylän taiteviivoja Inframodel3-formaatissa sekä niiden avulla muodostuva väylän yhden pinnan (esim. ylin yhdistelmäpinta) viivamalli.



Kuva 17: Inframodel3-formaatin mukainen esitystapa väylän taiteviivoille (buildingSMART Finland 2016a).

Esimerkissä 5 on esitetty Inframodel3-tiedoston mittalinjan taiteviiva-aineisto. Tiedostossa on kuvattu muun muassa taiteviivan pituus kohdassa <IrregularLine length>, taiteviivan pisteet (xyz) kohdassa <PntList3D> sekä taiteviivan koodaus kohdan <Feature code> sisällä. Esimerkissä 1 on määritetty käytettävät yksiköt sekä koordinaatti- ja korkeusjärjestelmä.

```
<Alignments name="Y39" desc="Yksityistie 39">
  <Alignment name="61941" desc="Ajoradan keskiviiva" staStart="0.000"
    length="90.9993596501175" state="proposed">
    <CoordGeom>
      <IrregularLine length="90.9993596501175" staStart="0.000">
        <Start>6738174.332 27491246.586 42.585</Start>
        <End>6738084.062 27491257.293 41.860</End>
```



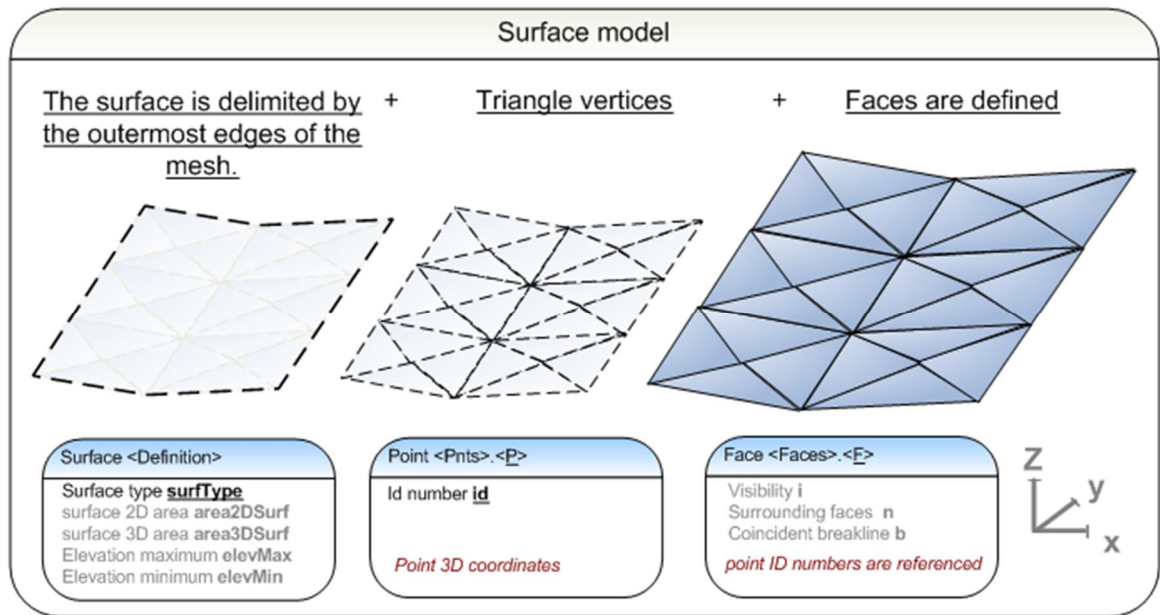
```

<PntList3D>6738174.332 27491246.586 42.585 6738173.335 27491246.511 42.561
6738172.337 27491246.457 42.556 6738171.337 27491246.422 42.559 6738170.337
27491246.408 42.561 6738169.337 27491246.414 42.564 6738168.338 27491246.439
42.567 6738167.339 27491246.485 42.570 6738166.341 27491246.550 42.573
6738165.345 27491246.635 42.576 6738164.350 27491246.741 42.579 6738163.360
27491246.880 42.581 6738162.373 27491247.043 42.584 6738161.387 27491247.205
42.587 6738160.400 27491247.368 42.590 6738159.413 27491247.530 42.593
6738158.427 27491247.693 42.596 6738157.440 27491247.856 42.599 6738156.453
27491248.018 42.601 6738155.467 27491248.181 42.604 6738154.480 27491248.343
42.607 6738153.493 27491248.506 42.610 6738152.507 27491248.669 42.613
6738151.520 27491248.831 42.616 6738150.533 27491248.994 42.619 6738149.546
27491249.156 42.621 6738148.560 27491249.319 42.624 6738147.573 27491249.481
42.627 6738146.586 27491249.642 42.630 6738145.599 27491249.801 42.633
6738144.611 27491249.959 42.636 6738143.623 27491250.114 42.639 6738142.635
27491250.268 42.641 6738141.647 27491250.421 42.644 6738140.659 27491250.572
42.647 6738139.670 27491250.721 42.650 6738138.681 27491250.869 42.653
6738137.691 27491251.015 42.656 6738136.702 27491251.159 42.659 6738135.712
27491251.301 42.661 6738134.722 27491251.442 42.664 6738133.732 27491251.582
42.667 6738132.741 27491251.719 42.670 6738131.751 27491251.855 42.673
6738130.760 27491251.990 42.676 6738129.769 27491252.122 42.679 6738128.777
27491252.253 42.681 6738127.786 27491252.383 42.684 6738126.794 27491252.511
42.687 6738125.802 27491252.637 42.690 6738124.810 27491252.761 42.693
6738123.817 27491252.884 42.696 6738122.824 27491253.005 42.699 6738121.832
27491253.125 42.701 6738120.839 27491253.242 42.704 6738119.845 27491253.359
42.707 6738118.852 27491253.473 42.710 6738117.858 27491253.586 42.713
6738116.865 27491253.697 42.716 6738115.871 27491253.807 42.719 6738114.876
27491253.915 42.721 6738113.882 27491254.021 42.724 6738112.888 27491254.126
42.726 6738111.893 27491254.231 42.725 6738110.899 27491254.337 42.721
6738109.904 27491254.442 42.715 6738108.910 27491254.548 42.707 6738107.915
27491254.653 42.696 6738106.921 27491254.758 42.682 6738105.927 27491254.864
42.666 6738104.932 27491254.969 42.648 6738103.938 27491255.074 42.627
6738102.943 27491255.180 42.603 6738101.949 27491255.285 42.577 6738100.954
27491255.390 42.549 6738099.960 27491255.496 42.518 6738098.966 27491255.601
42.484 6738097.971 27491255.707 42.448 6738096.977 27491255.812 42.410
6738095.982 27491255.917 42.369 6738094.988 27491256.023 42.326 6738093.993
27491256.128 42.284 6738092.999 27491256.233 42.241 6738092.005 27491256.339
42.199 6738091.010 27491256.444 42.157 6738090.016 27491256.551 42.114
6738089.022 27491256.662 42.072 6738088.029 27491256.778 42.030 6738087.036
27491256.900 41.987 6738086.044 27491257.026 41.945 6738085.053 27491257.157
41.902 6738084.062 27491257.293 41.860</PntList3D>
</IrregularLine>
</CoordGeom>
<Feature code="IM_coding" source="inframodel">
  <Property label="infraCoding" value="127" />
  <Property label="infraCodingDesc" value="Muu pinnan taite" />
  <Property label="proprietaryInfraCoding" value="141006000" />
  <Property label="proprietaryInfraCodingDesc" value="Ajoin keskiarvo" />
</Feature>
</Alignment>

```

Esimerkki 5: Inframodel3-tiedoston mittalinjan taiteviiva-aineisto Vt15 Keltakankaan eritasoliittymän rakennussuunnitelmassa.

Kuvassa 18 on esitetty Inframodel3-formaatin mukaisen kolmiopintamallin muodostuminen. Kolmiopinta muodostuu taiteviivojen pisteitä yhdistävistä kolmioista ja se muodostaa aiemmin taiteviivojen avulla luodun väylän pinnan kehikon päälle kolmiopintamallin.



Kuva 18: Inframodel3-formaatin mukainen esitystapa väylän kolmiopintamallille (buildingSMART Finland 2016a).

Esimerkissä 6 esitetään ote väylän ylimmän yhdistelmäpinnan Inframodel3-tiedoston sisällöstä. Tiedosto sisältää xyz-pisteet <Pnts> ja niiden tunnisteet <P id> sekä pisteiden välille muodostuvat kolmiot <Faces>. Lisäksi tiedoston lopussa kohdassa <Feature code> on esitetty muodostetun kolmiopinnan koodaus, tässä tapauksessa ylin yhdistelmäpinta (201000).

```
<Surfaces name="Y39" desc="Yksityistie 39">
  <Surface name="Yyp" state="proposed">
    <Definition surfType="TIN">
      <Pnts>
        <P id="86">6738139.005 27491246.293 42.094</P>
        <P id="90">6738138.021 27491246.423 42.105</P>
        <P id="99">6738137.037 27491246.553 42.116</P>
        <P id="114">6738139.119 27491247.048 41.713</P>
        <P id="117">6738138.136 27491247.193 41.716</P>
        <P id="120">6738137.153 27491247.339 41.719</P>
        <P id="166">6738139.373 27491248.743 42.57</P>
        <P id="172">6738138.387 27491248.889 42.573</P>
        <P id="177">6738137.401 27491249.036 42.576</P>
        <P id="247">6738139.67 27491250.721 42.65</P>
        <P id="261">6738138.681 27491250.869 42.653</P>
        <P id="273">6738137.691 27491251.015 42.656</P>
        <P id="334">6738083.337 27491252.115 41.935</P>
        <P id="370">6738139.967 27491252.699 42.57</P>
        <P id="375">6738138.974 27491252.847 42.573</P>
        <P id="382">6738137.982 27491252.993 42.576</P>
        <P id="416">6738083.566 27491253.748 41.11</P>
        <P id="442">6738140.227 27491254.434 41.693</P>
        <P id="449">6738139.232 27491254.582 41.696</P>
        <P id="454">6738138.236 27491254.729 41.699</P>
        <P id="478">6738083.785 27491255.313 41.9</P>
        <P id="485">6738140.397 27491255.566 42.265</P>
        <P id="492">6738139.4 27491255.719 42.27</P>
        <P id="496">6738138.404 27491255.871 42.276</P>
        <P id="546">6738084.062 27491257.293 41.86</P>
        <P id="603">6738084.34 27491259.275 41.82</P>
        <P id="627">6738084.564 27491260.879 41.01</P>
      </Pnts>
    </Definition>
  </Surface>
</Surfaces>
```

```

</Pnts>
  <Faces>
    <F>273 382 261</F>
    <F>247 166 261</F>
    <F>261 166 172</F>
    <F>273 261 177</F>
    <F>247 261 370</F>
    <F>375 449 370</F>
    <F>382 454 375</F>
    <F>370 261 375</F>
    <F>375 261 382</F>
    <F>375 454 449</F>
    <F>261 172 177</F>
    <F>172 117 120</F>
    <F>114 172 166</F>
    <F>114 117 172</F>
    <F>442 370 449</F>
    <F>603 546 627</F>
    <F>117 86 90</F>
    <F>177 172 120</F>
    <F>117 114 86</F>
    <F>90 120 117</F>
    <F>334 478 416</F>
    <F>442 449 485</F>
    <F>449 454 492</F>
    <F>485 449 492</F>
    <F>492 454 496</F>
    <F>90 99 120</F>
    <F>546 478 334</F>
    <F>627 546 334</F>
  </Faces>
</Definition>
  <Feature code="IM_coding" source="inframodel">
    <Property label="infraCoding" value="201000" />
    <Property label="infraCodingDesc" value="Ylin yhdistelmäpinta" />
    <Property label="proprietaryInfraCoding" value="148201000" />
    <Property label="proprietaryInfraCodingDesc" value="Rakenteen yläpinta" />
  </Feature>
</Surface>
</Surfaces>

```

Esimerkki 6: Inframodel3-tiedoston ylimmän yhdistelmäpinnan kolmiopinta-aineisto Vt15 Keltakankaan eritasoliittymän rakennussuunnitelmassa.

Inframodel-formaatin mukainen aineisto on tekstimuotoista ja se voidaan avata esimerkiksi tekstieditorilla tai selaimella. Aineistoa voidaan muokata tekstieditorilla, mutta se ei ole suositeltavaa. Muokkaaminen on suositeltavampaa tehdä aineiston tuottaneessa ohjelmassa, jotta voidaan varmistua sen käytettävyydestä myös muissa sovelluksissa. Inframodel-formaatissa elementtien ja attribuuttien nimet ovat englanniksi. (Liukas 2013.)

Inframodel-tiedonsiirtoformaatti vaatii tuekseen mallinnusohjeet ja -vaatimukset, jotka ohjaavat tietosisältöä ja tarkkuutta sekä nimikkeistöt, jotka mahdollistavat yhdenmukaisten termien ja nimikkeiden käytön. Formaattit, ohjeet ja nimikkeistöt muodostavat yhdessä ohjekonaisuuden, jossa kaikki kolme osaa ovat tarpeellisia toimivan ja laadukkaan tietomallintamisen mahdollistamiseksi. Inframodel-tiedonsiirron hyötyinä ovat esimerkiksi mahdollisuus metatietojen välittämiseen, yhdenmukaisemmat tiedonsiirron käytännöt ja itse tiedonsiirto sekä hukan ja virheiden väheneminen. (Liukas 2013.)

Inframodel-tiedonsiirtoa voidaan käyttää muun muassa maastomittaustietojen siirtämiseen, suunnitteluohjelmien väliseen tiedonsiirtoon, suunnitelmamallien arkistointiin, toteutusmallien tuottamiseen sekä toteuma- ja tarketietojen siirtämiseen. BuildingSMART-organisaation kehittämä IFC-standardia ja -tiedonsiirtoformaattia käytetään siltojen ja muiden tai torakenteiden tietojen siirtämiseen ja tallentamiseen. SGY:n (*Suomen Geoteknillinen Yhdistys*) Infra-pohjatutkimusformaattia käytetään pohjatutkimustietojen siirtämiseen. (Liukas 2013.)

Nimikkeistö

Yksi onnistuneen rakennushankkeen avaintekijöistä on nimikkeistö, joka palvelee rakennushankkeen eri osapuolten välistä tiedonvälitystä (Rakennustieto 2017a). Syksyllä 2006 julkaistiin Infra 2006 Rakennusosa- ja hankenimikkeistö Määrämittausohje. Ohjeen päivityksessä kesällä 2009 siihen tehtiin muokkauksia saatujen palautteiden perusteella sekä nimikkeisiin liitettiin sisällönkuvaukset. Toisen päivityskierroksen yhteydessä nimi päivitettiin Infra 2015 Rakennusosa- ja hankenimikkeistö Määrämittausohjeeksi. Toisen päivityskierroksen keskeisimmät uudistukset koskivat muun muassa parempaa tukea tietomallipohjaiselle toiminnalle, väylähankkeiden määrien ja kustannusten hallinnan parempaa palvelemista täydennettyjen nimikkeiden avulla sekä sisällön selkeyttämistä ja täydentämistä. (Rakennustieto Oy 2015.) Nykyisin Infra-nimikkeistöjärjestelmän osanimikkeistöjä ovat Infra 2011 Hankeosanimikkeistö, Infra 2011 Toimenpidenimikkeistö, Infra 2015 Rakennusosa- ja hankenimikkeistö Määrämittausohje, Infra 2015 CAD-kuvatasojärjestelmä sekä Infra 2017 Kunnossapitonimikkeistö (Rakennustieto 2017b).

BuildingSMART Finlandin vuonna 2016 julkaiseman InfraBIM-nimikkeistön versio 1.6 perustuu Infra 2015 Rakennusosa ja hankenimikkeistöön sekä InfraFINBIM-kehityshankkeen yhteydessä vuosina 2010-2013 laaditun InfraBIM-nimikkeistön ensimmäiseen versioon 1.5. InfraBIM-nimikkeistössä esitetään inframallien ja väylärakenteiden (tie, katu, rata, vesiväylä) numerointi- ja nimeämiskäytännöt koko hankkeen elinkaaren aikana sisältäen lähtötietojen hankinnan, suunnittelun, toteutuksen, toteuman mittaukset ja kunnossapidon. InfraBIM-nimikkeistön versiossa 1.6 on pyritty ottamaan huomioon inframallintamisen tarpeita selkeyttämällä päätason nimikkeiden sisältöä sekä parantamaan luettavuutta ja visuaalista ilmettä havainnollistavien kuvien avulla. Lisäksi kyseisessä versiossa nimikkeistöä on laajennettu katurakenteiden ja vesiväyliin osalta sekä luokitusta on täydennetty reunalinjojen ja maaperä- ja maastomallin pintojen osalta. (buildingSMART Finland 2016b.)

Saarnikko (2016) toteaa diplomityössään, etteivät useat eri nimikkeistöt erilaisia käyttötarkoituksia varten ole kestävä ratkaisu. Mallintamisen kannalta rakennusosanimikkeistön hankaluutena on muun muassa, että se on laadittu määrä- ja kustannuslaskennan tarpeiden pohjalta. Lisäksi Saarnikko suosittelee diplomityössään, ettei uusia nimikkeistöjä tulisi ryhtyä kehittämään olemassa olevien nimikkeistöjen pohjalta vaan infra-alalle tulisi kehittää yksi yhtenäinen nimikkeistö useiden hajanaisten nimikkeistöjen sijaan.

3.3 Mallinnus eri hankevaiheissa

Esisuunnittelu

Esisuunnittelussa hankkeiden koko, tyyppi ja laajuus vaihtelevat merkittävästi. Hankkeiden vaihtelevuuden vuoksi kattavien ja yleispätevien esisuunnittelun mallinnusohjeiden laatiminen ei ole helppoa eikä monin paikoin tarkoituksenmukaistakaan. Esisuunnitteluvaiheessa mallinnuksen rooli ei ole yhtä merkittävä kuin myöhemmissä suunnitteluvaiheissa ja siitä voidaankin yleensä sopia hankekohtaisesti. (Janhunen ym. 2015.)

Esisuunnittelussa mallintaminen on lähinnä lähtötietomallin laadintaa. Lähtötietomalliin voidaan sisällyttää tietoja ja analyyskejä esimerkiksi hankkeen kustannuksista, ympäristövaikutuksista, ympäristön nykytilasta, melusta ja maisemasta. Olennaista on, että kaikki tieto sisällytetään lähtötietomalliin, jotta se siirtyy hankkeen seuraaviin suunnitteluvaiheisiin. Ylemmän suunnitelmatason lähtötietomalli toimii aina pohjana tarkemman suunnitelmavaiheen lähtötietomallille, esimerkiksi siis esisuunnitteluvaiheen lähtötietomalli toimii pohjana yleissuunnitelmavaiheen lähtötietomallille. Lisäksi on tärkeää, että aineistot ovat hankkeessa sovitussa koordinaatistossa, jotta niitä pystytään helposti hyödyntämään seuraavissa suunnitteluvaiheissa ja tarpeen mukaan myös muissa tarkoituksissa. (Janhunen ym. 2015.)

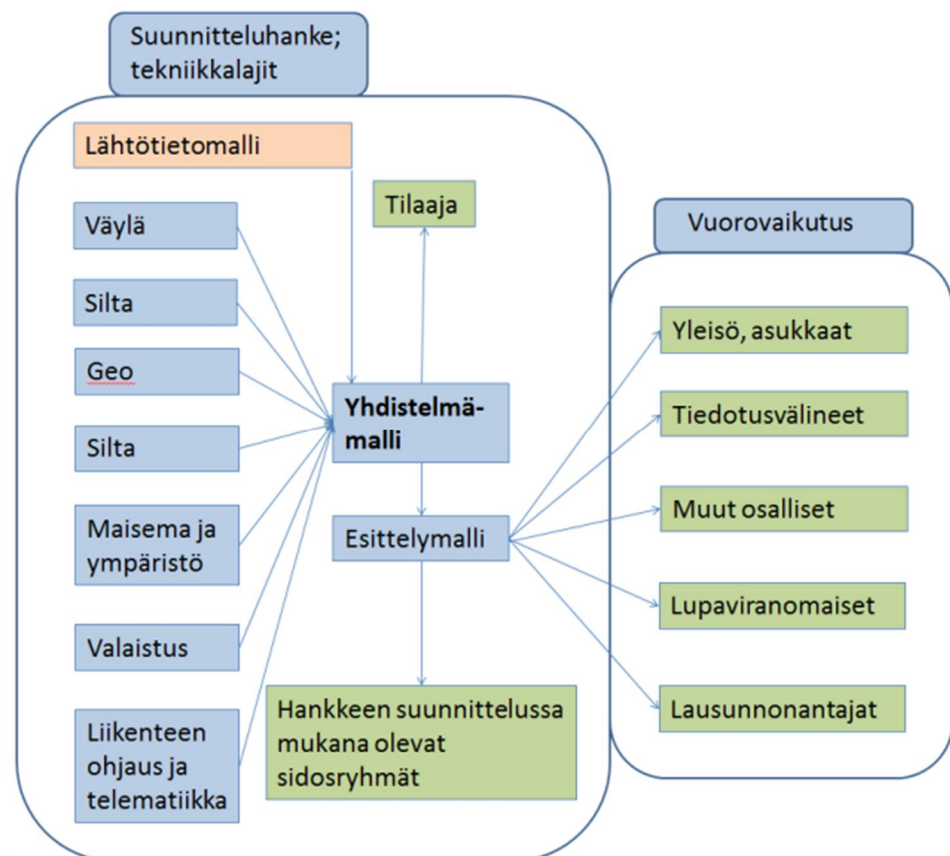
Liikenneviraston (2017) mukaan esisuunnitelmavaiheen lähtötietomallin keskeiseen sisältöön kuuluvat esimerkiksi

- ”karkea maanpintamalli tarkennettuna hankkeen tarpeiden mukaan,
- maaperäkartta,
- nykyisten siltojen ja taitorakenteiden sijainnit,
- nykyiset väylärakenteet ja -linjaukset,
- pohjavesitiedot,
- johto- ja laitetiedot,
- maankäyttötiedot ja kiinteistörajat sekä
- paikkatietoaineistot (usein ns. peruskarttatarkkuudella) ja paikkatietosidonnaiset aineistot.”

Esisuunnitteluvaiheen inframallintamisesta sekä mallien sisällöstä ja tarkkuudesta on kattavammin ja tarkemmin tietoa Liikenneviraston Tie- ja ratahankkeiden inframalliohjeesta sekä Yleiset inframallivaatimukset 2015 -ohjesarjan osasta 4 Inframalli ja mallinnus hankkeen eri suunnitteluvaiheissa.

Yleissuunnittelu

Yleissuunnittelussa keskeistä on vaihtoehtojen vertailu ja vuorovaikutus eri tahojen kanssa, jotta hankkeelle saadaan mahdollisimman laaja yleinen hyväksyttävyys. Suunniteltuja ratkaisuja voidaankin havainnollistaa erilaisten mallien avulla, kuten esittelymallilla. Tällöin suunnitelmien ymmärrettävyys paranee ja vuorovaikutus lisääntyy, mikä on eräs mallintamisen keskeisistä tavoitteista. Kuvassa 19 on esitetty yhdistelmämallin ja esittelymallin roolia hankkeen eri osapuolille sekä miten niitä voidaan käyttää suunnittelun ohjaukseen ja vuorovaikutukseen. (Liikennevirasto 2017.)



Kuva 19: Erilaiset tietomallit suunnittelu- ja vuorovaikutusprosesseissa (Niskanen 2015).

Yleissuunnitelmavaiheen lähtötietomallin pohjana toimii esisuunnitteluvaiheen lähtötietomalli, johon tehdään tarvittavia tarkennuksia. Yleissuunnitelmavaiheen lähtötietomallin sisältö on likimain sama kuin esisuunnitteluvaiheessa, mutta siihen lisätään nykyiset ja uudet pohjatutkimustiedot sekä maaperämalli. (Liikennevirasto 2017.)

Yleissuunnittelussa on tarkoitus varmistua suunnitteluratkaisujen teknisestä, taloudellisesta ja ympäristöllisestä toteuttamiskelpoisuudesta sekä vaikutuksista, joten suunnittelun ja mallintamisen tarkkuus sovitetaan niihin sopivaksi. Tämä tarkoittaa, että suunnitelmat ja mallit ovat yleissuunnitelmavaiheessa sisällöltään usein hyvin pelkistettyjä ja yksinkertaisia. Väylämallit sisältävät yleensä vaaka- ja pystygeometriatiedon sekä rakenteen ylä- ja alapinnan pintamallit, joilla tarkastellaan väylän geometriaa ja tilavarausta, ympäristöön soveltamista, vaihtoehtojen vertailua sekä suurpiirteisesti massataloutta, ja siten myös hankkeen kustannusarviota. (Liikennevirasto 2017.)

Yleissuunnitteluvaiheen inframallintamisesta sekä mallien sisällöstä ja tarkkuudesta on kattavammin ja tarkemmin tietoa Liikenneviraston Tie- ja ratahankkeiden inframalliohjeesta sekä Yleiset inframallivaatimukset 2015 -ohjesarjan osasta 4 Inframalli ja mallinnus hankkeen eri suunnitteluvaiheissa.

Tiesuunnittelu

Tiesuunnitelmavaiheen mallintamisessa keskeisiä ovat suunniteltujen ratkaisujen mitat, niiden tilantarve ja tilavaraukset, jolloin pystytään varmistumaan ratkaisujen soveltuvuudesta

ja toteuttamiskelpoisuudesta nykyiseen ympäristöön. Lisäksi voidaan laskea ja määrittää hankkeen kustannukset, määrät ja muut mahdolliset vaikutukset. Ominaisuustietojen tarkkuus sovitetaan kustannuslaskennan ja vaikutusten arvioinnin kannalta tarkoituksenmukaiseksi. (Liikennevirasto 2017.)

Tiesuunnitelmavaiheessa päivitetään ja tarkennetaan yleissuunnitelmavaiheen lähtötietomallia. Tiesuunnittelun lähtötietomalliin tarkennetaan maanpintamallia ja maaperämallia sekä siihen lisätään tiedot kuivatusrakenteista ja tarkemittauksista. (Liikennevirasto 2017.)

Inframallissa ei vielä pystytä esittämään kaikkia tiesuunnitelman hallinnollisessa hyväksymisprosessissa tarvittavia asioita, mutta esimerkiksi hallinnollisten rajojen esittäminen mallissa edistää ja tukee tietomallipohjaista tiesuunnitelman hyväksymisprosessia. Vuorovaikutuksen kannalta tärkeissä tilaisuuksissa voidaan hyödyntää esimerkiksi teknisiä yhdistelmä-malleja tai esittelymalleja kohdeyleisön mukaan. Mallinnettavista kohteista kirjataan tietomalliselostukseen ainakin mallinnustapa ja -tarkkuus. (Liikennevirasto 2017.)

Tiesuunnitteluvaiheen inframallintamisesta sekä mallien sisällöstä ja tarkkuudesta on kattavammin ja tarkemmin tietoa Liikenneviraston Tie- ja ratahankkeiden inframalliohjeesta sekä Yleiset inframallivaatimukset 2015 -ohjesarjan osasta 4 Inframalli ja mallinnus hankkeen eri suunnitteluvaiheissa.

Rakennussuunnittelu

Rakennussuunnitelmavaiheessa mallintamisen kannalta keskeisiä ovat teknisten yksityiskohtien ratkaiseminen ja suunnitteleminen sekä kohteen mallintaminen riittävän tarkasti, jotta mallin avulla voidaan toteuttaa väylä ja rakenteet. Rakennussuunnittelun mallintamisessa suunnittelutilanteen ja mallintamisen etenemisen tulee vastata toisiaan, eli kaikki valmiit ja hyväksytyt suunnitelmat mallinnetaan heti osaksi yhdistelmämallia. Mallintaminen rakennussuunnitelmavaiheessa tukee suunnitelmien yhteensovittamista, määrälaskentaa, havainnollistamista, työmaan hankintoja ja aikataulutusta sekä mittaus-, laadunvarmistus- ja koneohjaustoimintaa. (Liikennevirasto 2017.)

Rakennussuunnitelmavaiheen lähtötietomallin pohjana toimii tiesuunnitelmavaiheen lähtötietomalli. Lähtötietomallia tarkennetaan tarpeellisilta osin siirryttäessä tiesuunnittelusta rakennussuunnitteluun, mutta muuten ne ovat sisällöltään lähes samankaltaisia. Esimerkiksi maanpintamallia voidaan joutua tarkentamaan tiesuunnitelmavaiheenaikaisesta siirryttäessä rakennussuunnitteluun. (Liikennevirasto 2017.)

Liikenneviraston (2017) mukaan rakennussuunnitelmavaiheessa mallintamisen tavoitteita ovat muun muassa

- ”digitaalinen aineisto, jota hyödynnetään jo urakoiden tarjousvaiheessa,
- suunnitelmien yhteensopivuuden varmistaminen,
- rakennusaikaisten riskien minimointi,
- kustannushallinnan tukeminen sekä
- rakennussuunnitelmamallin tuottaminen tai rakenteen teoreettisten pinta- ja viivatietojen tuottaminen alan yleisten ohjeiden mukaan toteutuksen tarpeet huomioon ottaen.”

Kaikki rakentamisessa tarvittavat väylän osat ja rakenteet mallinnetaan rakennussuunnitelmavaiheessa ja mallia käytetään urakkakyselyn lähtökohtana ja rakentamisasiakirjana. Hankekohtaisesti voidaan kuitenkin sopia poikkeuksista mallinnettavien osien suhteen, mutta ne on kirjattava selvästi tietomalliselostukseen ja urakoiden tarjouspyyntöihin. (Liikennevirasto 2017.)

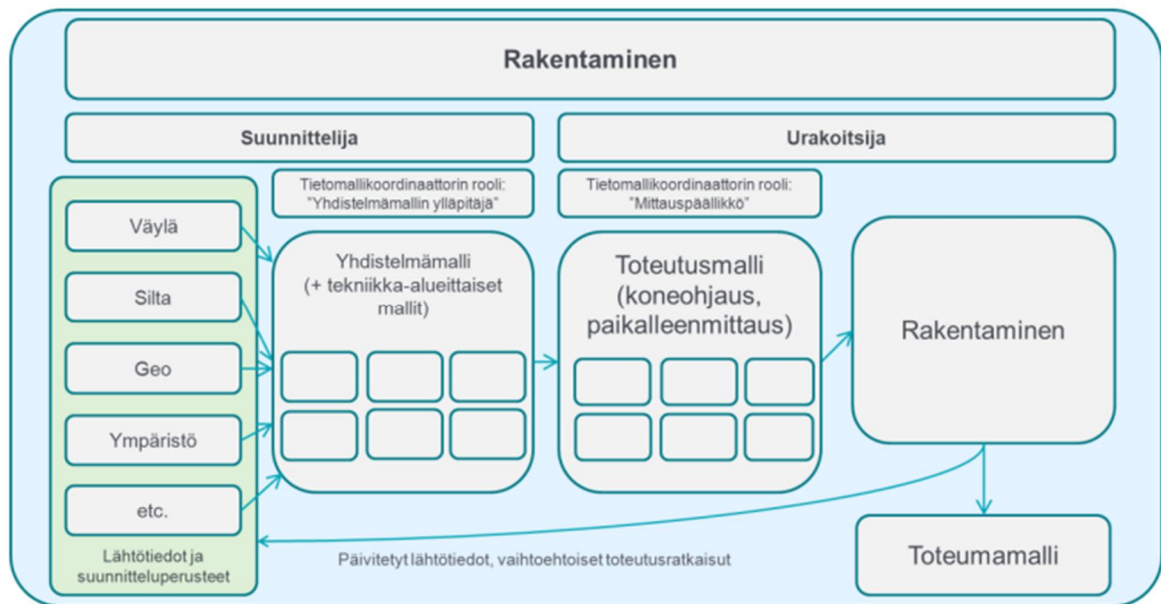
Rakennussuunnitelmamallissa ja toteutusmallissa on tärkeää rakentamisen aikataulutus ja työvaiheistus. Tätä varten mallinnusohjelmissa olisi hyödyllistä olla ominaisuutena kolmiulotteisten koordinaattien lisäksi yhtenä ulottuvuutena ajan käsittely. Työvaiheittaisen mallinnuksen avulla päästään paremmin käsittelemään toteutuksessa ilmeneviä ongelmia ja riskejä. (Liikennevirasto 2017.)

Rakennussuunnitteluvaiheen inframallintamisesta sekä mallien sisällöstä ja tarkkuudesta on kattavammin ja tarkemmin tietoa Liikenneviraston Tie- ja ratahankkeiden inframalliohjeessa sekä Yleiset inframallivaatimukset 2015 -ohjesarjan osissa 5.1 Rakennussuunnitelmavaiheen maa-, pohja- ja kalliorakenteet sekä päälyys- ja pintarakenteet; 5.2 Maanrakennustöiden toteutusmallin (koneohjausmalli) laadintaohje; 6 Järjestelmät sekä 7 Rakennustekniset rakennusosat.

Rakentamisvaiheen mallit

Rakentamisvaihetta, väylän myöhempää käyttöä ja kunnossapitoa palvelevia malleja ovat muun muassa toteutusmallit, koneohjausmallit, paikalleenmittausmallit sekä toteumamallit. Toteutusmallien laadintaa käsitellään Yleisten Inframallivaatimusten osassa 5.2 Maanrakennustöiden toteutusmallin (koneohjausmalli) laadintaohjeessa ja toteumamallien laadintaa osassa 5.3 Maarakennustöiden toteumamallin laadintaohje. Ohjeissa on kuvattu toteutusvaiheen mallit rakennusosapohjaisesti ja erilaisina toteutusvaiheessa käytettävänä taiteviiva- ja pintamalliaineistoina.

Kuvassa 20 on esitetty yleinen kuvaus rakentamisvaiheen tietomallinnuksesta Yleisten inframallivaatimusten mukaan. Esitetty periaate on urakkamuodosta riippumaton ja sitä voidaan soveltaa kokonaisurakkana, ST-urakkana, elinkaarimallina tai allianssimallina toteuttavaan hankkeeseen. (Niskanen 2015.)



Kuva 20: Tietomallintaminen rakennussuunnittelussa ja rakentamisvaiheessa (Niskanen 2015).

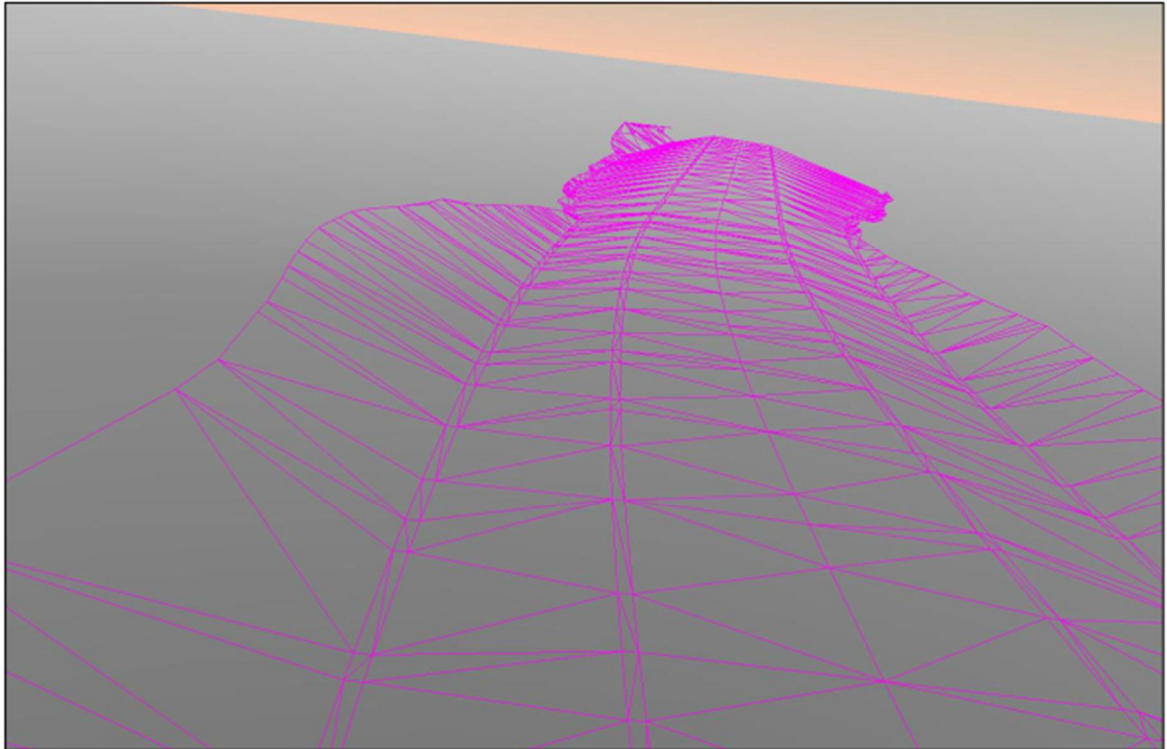
Toteutusmallin pintojen taiteviivoista mallinnetaan ne, joiden kohdalla pinnassa on taite sekä ne, jotka ovat muuten merkityksellisiä. Kuitenkin ajoradan mittalinjan taiteviiva tulee mallintaa aina, myös niiltä osin, kun väylällä on yksipuolinen sivukaltevuus. Pällekkäiset taiteviivat eivät ole sallittuja samalla rakennepinnalla. Rakennepinnat ja taiteviivat numeroidaan ja nimetään InfraBIM-nimikkeistössä esitettyjen käytäntöjen mukaan. (Snellman & Suntio 2015.)

Snellmanin ja Suntion (2015) mukaan väylän toteutusmalliin yleisimmin mallinnettavia rakennepintamalleja InfraBIM-nimikkeistön mukaisesti pintatunnuksineen ovat muun muassa

- ylin yhdistelmäpinta (201000),
- kulutuskerroksen asfalttibetonin yläpinta (214100),
- sitomattoman kantavan kerroksen yläpinta (213100),
- jakavan kerroksen yläpinta (212100),
- suodatinkerroksen yläpinta (211100),
- alin yhdistelmäpinta (201200),
- massanvaihtoon kuuluva kaivanto (162500),
- putki- ja johtokaivanto (162100),
- maapenkereen yläpinta (181100),
- roudaneristyksen alapinta (142100) sekä
- avo-ojat ja uomat (143400).

Toteutusmallin taiteviivojen ja rakennepintojen tulee olla mahdollisimman jatkuvia, eikä pinnoissa sallita pystysuoria muutoksia tai taiteviivoissa päällekkäisyyttä samalla rakennepinnalla. Eri väyliä on sovittava saumattomasti yhteen, mutta väylien liitoskohdissa salli-

taan taiteviivoissa enintään yhden metrin rako. Raosta huolimatta yhdistettävien väylien rakennepintojen tulee kolmioitua oikein. Lisäksi rakennepintojen kolmioverkon tulee olla riittävän säännönmukainen, kuten kuvassa 21 on esitetty. (Snellman & Suntio 2015.)



Kuva 21: Riittävän säännönmukainen kolmioverkko (Snellman & Suntio 2015).

3.4 Mallinnuksen kehitystilanne ja tulevaisuuden näkymät

Tulevaisuudessa suunnitelmapiiirustukset ovat muutoksen alaisina, kun siirrytään entistä laajemmin tietomallipohjaisiin toimintatapoihin. Perinteisten piirustusten sisältö voidaan esittää suoraan mallista erilaisina näkyminä tai piirustukset voidaan tuottaa suoraan mallista. Tällöin voidaan siirtyä viimeistellyistä suunnitelmapiiirustuksista tiettyä käyttötarkoitusta palveleviin otoksiin. Edellytyksinä tällaiseen toimintaan siirtymiselle ovat mallien kattavat ominaisuustiedot, kuten materiaali-, tuote-, pinta-ala- ja tilavuustiedot. On kuitenkin otettava huomioon, että mallit ja perinteiset piirustukset voivat olla toisiaan täydentäviä, eikä niiden tarvitse olla toisiaan poissulkevia. Tässä tapauksessa mallien ja piirustusten sisällön tulee olla yhteneviä, eikä ristiriitoja saa esiintyä. Toistaiseksi suunnitelmapiiirustuksia tarvitaan ainakin hallinnollisia käsittelyjä varten. (Liikennevirasto 2017.)

Inframodel-formaatin uusin versio Inframodel4 julkaistiin vuonna 2016. Julkaisun jälkeen alettiin kehittämään toteutuksia ohjelmistoihin ja tavoitteeksi asetettiin saada Inframodel4 käyttöön vuoden 2017 aikana. (buildingSMART Finland 2017b.) Inframodel4-formaatin uusia ominaisuuksia ovat muun muassa koordinaattijärjestelmien EPSG-koodit, toteumatietojen siirtäminen, pinta- ja päällysrakenteiden materiaalitiedot, uudet verkkolajit, jalustojen kattavammat ominaisuudet, maakaapelit ja kaiteet sekä pilari- ja massastabiloinnit. (buildingSMART Finland 2016c.)

IFC-formaatti on vuoden 2017 aikana laajennettu kattamaan taitorakenteiden ohella myös infran kokonaisuus (Liukas 2017c). BuildingSMART International -organisaation kehittämä infran kokonaisarkkitehtuuri muodostuu vaaka- ja pystygeometrioista, taiteviivoista ja maa-rakennustöistä ja siihen kuuluvat tiet (*IFC-Road*), sillat (*IFC-Bridge*), rautatiet (*IFC-Railway*) ja tunnelit (*IFC-Tunnel*). Infrakohteiden erilaiset käyttötarkoitukset vaativat erilaisia kuvaustapoja IFC-Infran objekteille ja geometrioille. Käytettäviä kuvauksia ovat esimerkiksi taiteviivat, pintamallit, poikkileikkaukset sekä kappalemaisille objekteille joko ulkopintojen mukainen määrittely tai poikkileikkauspohjainen määrittely. Lisäksi kuvauksille määritetään nimikkeet nykyisten inframallintamisen nimikkeiden perusteella. Määrittelyjen jälkeen datarakenteet standardisoidaan ja ne on julkaistu IFC 4.1 -versiona, joka toimii pohjana IFC:n tie-, rautatie- ja siltamäärittelyille. (Borrmann ym. 2017.)

BuildingSMART Finlandin tärkeimmät kehitysaskeleet vuoteen 2020 mennessä on jaettu kuuteen eri osa-alueeseen, jotka ovat kansainvälinen vaikuttaminen ja näkyvyys, standardit ja ohjeet, osaaminen ja ymmärrys, prosessit, avoin yhdyskuntatieto sekä teknologiat. Kehitysaskeleet pitävät sisällään muun muassa mallinnusohjeiden validoinnin, kattavien nimikkeistöjen luomisen, koulutuskonseptien luomisen, kouluttajien sertifiointin, infran toimijoiden tietotarpeiden määrittelyn sekä useita mallisovelluksiin liittyviä kehitystoimenpiteitä. (Liukas 2017c.)

4 Tien rakennussuunnitelma ja tietomallintaminen

Nykyisessä muodossa esitettävän rakennussuunnitelmadokumentin määrittelee Liikenneviraston vuonna 2013 julkaisema ohje Tien rakennussuunnitelma - sisältö ja esitystapa. Ohjeessa kuvataan tärkeimmät rakennussuunnitelmassa tarvittavat dokumentit ja piirustukset, niiden sisältö ja esitystapa sekä liitteissä annetaan esimerkkejä mallipiirustusten avulla. Rakennussuunnitelman sisältö jakautuu pääkohtiin R1-R24 sekä useassa tapauksessa alakohtiin. Pääkohdat ja niiden keskeisin sisältö, niitä vastaava tietomalliohjeistus sekä niiden mahdolliset esitystavat suunnitelmamallissa kuvataan alla pääkohdittain. Tien rakennussuunnitelman yksityiskohtaisempi sisältö on esitetty työn liitteissä sekä ohjeessa Tien rakennussuunnitelma - sisältö ja esitystapa.

R1 RAKENNUSSUUNNITELMAN PERUSTIEDOT

Rakennussuunnitelman perustiedot -osio sisältää pääasiassa tekstimuotoisia dokumentteja, luetteloita ja taulukoita. Näitä dokumentteja ovat muun muassa kansilehti, kansioluettelo, sisällysluettelo, suunnitteluperusteet, erilaiset päätökset ja muut vastaavat asiakirjat, riskienhallintasuunnitelma, turvallisuusselvitys, ympäristön seurantaohjelma sekä turvallisuusauditoinnin muistio. Monia näistä dokumenteista hyödynnetään suunnittelussa ja suunnitteluratkaisut perustuvat osaan niistä. (Liikennevirasto 2013a.)

Kyseisiä dokumentteja tai niiden sisältöä ei vielä toistaiseksi mallinneta juurikaan. Osa ympäristön seurantaohjelman sisällöstä, kuten pohjavesitiedot tai ympäristöaineistot kuuluvat hankkeen lähtötietomalliin sisällytettäviin asioihin (Virtanen 2015).

Tulevaisuudessa perustiedoissa esitettyjä dokumentteja voisi esittää suunnitelmamallissa liitteinä tai linkkeinä aineistopalveluun, jonka kautta dokumenttia voi katsella tai dokumentin saa ladattua. Kyseiset dokumentit ovat luonteeltaan sellaisia, että ainakaan osaa niistä ei voida lähitulevaisuudessa korvata tietomallilla.

R2 YHTEISET ASIAKIRJAT

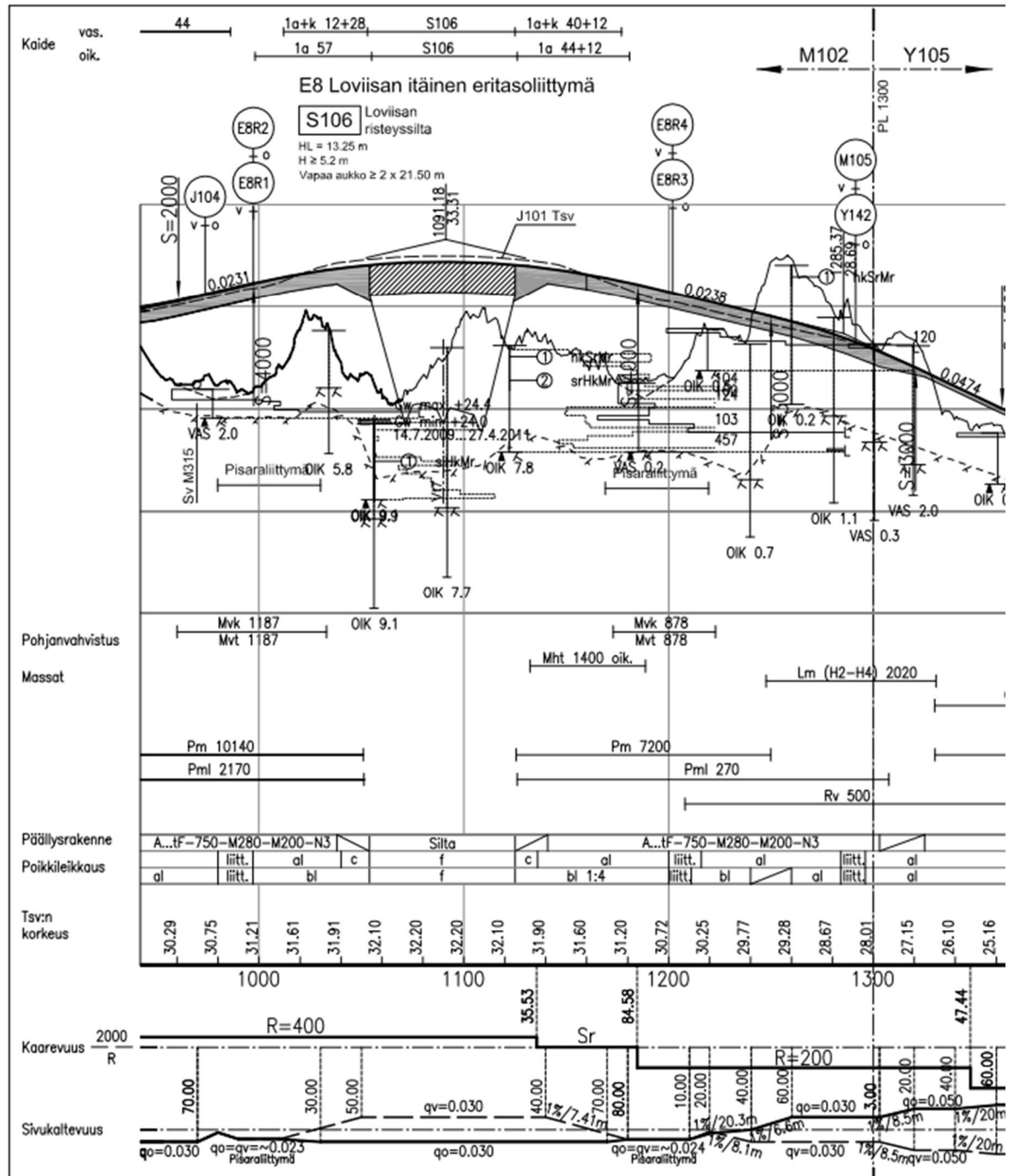
Rakennussuunnitelman yhteisiin asiakirjoihin kuuluvat asiakirjojen nimiösivu, yleiskartta ja -pituusleikkaus, työselostus sekä maanomistajaluettelo. Nämä dokumentit ovat yleiskarttaa ja -pituusleikkausta lukuun ottamatta tekstimuotoisia asiakirjoja. (Liikennevirasto 2013a.)

Näitä dokumentteja ei kohdan R1 tavoin mallinneta toistaiseksi juurikaan. Myös nämä dokumentit voisi esittää mallin liitteinä tai linkkeinä aineistopalveluun. Maanomistajatietojen kanssa tulee ottaa huomioon mahdolliset yksityisyyden- tai tietoturvasuojan vaikutuksen alaisina olevat seikat. Asiakirjojen nimiösivu sisältää paljon tietoa, jota voisi esittää suunnitelmamallin metatietona. Tällaisia asioita ovat muun muassa koordinaatti- ja korkeusjärjestelmä, mittakaava, hankkeen nimi, eri organisaatioiden vastuuhenkilöt hankkeessa sekä päivämäärä.

Yleiskartan ja -pituusleikkauksen tarpeellisuudesta tietomallipohjaisessa toimintatavassa pitäisi käydä keskustelua. Kohta R3 sisältää kuitenkin suunnitelmakartan ja pituusleikkauksen, joten näiden dokumenttien osalta karsiminen tai jonkinlainen yhdisteleminen voisi tulla kysymykseen.

R3 PÄÄTIE

Kohta R3 sisältää hankkeen päätien suunnitelmadokumentit. Niihin kuuluvat suunnitelma-kartta, pituusleikkaus, detaljipiirustukset (esim. liittymäpiirustus), päällysrakennetaulukko, rakenteellinen tyyppipoikkileikkaus sekä paalukohtaiset poikkileikkaukset. Pituusleikkaus, rakenteellinen tyyppipoikkileikkaus sekä paalukohtaiset poikkileikkaukset ovat piirustus-muotoisia dokumentteja, suunnitelmakartta ja detaljipiirustukset karttapohjaisia dokument-teja sekä päällysrakennetaulukko nimensä mukaisesti taulukko. (Liikennevirasto 2013a.) Kuvassa 22 on esitetty kuvakaappaus tien pituusleikkauksen mallidokumentista.



Kuva 22: Tien pituusleikkaus (Liikennevirasto 2013a, Liite 3).

Toistaiseksi väylästä on yleensä mallinnettu mittalinja (geometriatieto) sekä eri pintojen tai-teviivat ja kolmiopinnat, jotka muodostavat yhdessä väylämallin. Kuitenkin kuvasta 22 käy ilmi, että esimerkiksi pituusleikkaus sisältää paljon muutakin informaatiota, joka pitäisi saada jotenkin liitettyä suunnitelmamalliin. Myös suunnitelmakartalla esitetään paljon sel-laista tietoa, joka pitäisi saada sisällytettyä suunnitelmamalliin. Liittymäpiirustuksissa ja muissa detaljipiirustuksissa esitettävien kohteiden osalta korostuu lähinnä mallinnustark-kuus. Liittymät ja muut detaljit on kuitenkin suunniteltava voimassa olevien ohjeiden mu-kaan, joten niiden osalta mallintamisessa huomioon otettavia seikkoja ovat esimerkiksi väy-lärakenteiden liittäminen toisiinsa sekä eri väylien geometrialinjojen yhteensopivuus tois-tensa kanssa.

Suunnitelmakartalla esitettävät asiat olisi mahdollista esittää karttaa vastaavina näkyminä suunnitelmamallissa. Pituusleikkauksessa esitettäviä asioita voisi tulvaisuudessa esittää enemmän mittalinjasidonnaisina ominaisuustietoina. Esimerkiksi väylän sivukaltevuudet suunnitellaan lähes poikkeuksetta paaluvälikohtaisina arvoina ja muutoksina, joten ne olisi kohtalaisen helppo sitoa mittalinjan ominaisuustiedoiksi. Tosin sekä formaattien että ohjel-mistojen täytyy kehittyä, jotta tällaiseen tilanteeseen päästään. Suunnitelmakartan tavoin de-taljipiirustukset ja paalukohtaiset poikkileikkaukset voisi esittää yhdistelmämallin katse-luohjelmassa näkyminä. Rakenteellinen tyyppipoikkileikkaus on kohdan R3 osalta ainoa do-kumentti, joka olisi vielä tulevaisuudessakin piirustusmuotoinen. Se voidaan tosin asettaa suunnitelmamallin liitteeksi tai linkiksi aineistopalveluun, jolloin se sisältyisi suunnitelma-mallin mukana toimitettavaan aineistoon ja sitä voisi helpommin käyttää esimerkiksi tarkas-tamiseen.

R4 MUUT MAANTIET

Sisältö ja esitystapa ovat pääosin vastaavat kuin kohdassa R3 (Liikennevirasto 2013a). Myös suunnitelmamalliaineisto voidaan tuottaa vastaavasti kuin kohdassa R3 on esitetty.

R5 YKSITYISTIET

Sisältö ja esitystapa ovat vastaavat kuin kohdassa R4 (Liikennevirasto 2013a). Myös suunnitelmamalliaineisto voidaan tuottaa vastaavasti kuin kohdassa R4 on esitetty.

R6 KADUT

Sisältö ja esitystapa ovat vastaavat kuin kohdassa R4, jos kunnalla tai kaupungilla ei ole omia ohjeistuksia niiden esittämiseen (Liikennevirasto 2013a). Myös suunnitelmamalliaineisto voidaan tuottaa vastaavasti kuin kohdassa R4 on esitetty.

R7 RADAT

Tämä kohta on rajattu pois tutkimuksen käsittelystä. Piirustukset esitetään voimassa olevien ratasuunnittelun ohjeiden ja ratateknisten piirustusohjeiden mukaan.

R8 MITTAUKSET

Rakennussuunnitelman mittaussasiakirjoihin sisältyvät dokumentit ovat mittaussuunnitelma, mittauserusta, mittausten yleiskartta, mittauskartta sekä mittaustiedostot. Mittaussuunnitel-

man laatimisessa tulee noudattaa ohjeita "Tienrakentamisen mittaus suunnitelman laatimisohje" (TIEH 2000024-v-08) sekä "Tie- ja ratahankkeiden maastotiedot - Mittausohje" (Liikenneviraston ohjeita 18/2017). Mittaus suunnitelmaselostus ja mittausperusta ovat tekstimuotoisia dokumentteja ja mittausten yleiskartta ja mittauskartta ovat karttapohjaisia dokumentteja. Mittaustiedostot sisältävät mittaustiedot mahdollisia poikkeuksia lukuun ottamatta kaikista hankkeen rakenteista. (Liikennevirasto 2013a.)

Mittausperustassa esitetään hankkeessa käytettävät koordinaatti- ja korkeusjärjestelmät; mittausten pistehierarkia sisältäen peruspisteet, käyttöpisteet ja tihennyspisteet; mittauspisteiden tarkkuusvaatimukset, runkopisteiden rakentamisen, pisteselityskortin laatimisen ja runkopisteiden käytön (Tiehallinto 2008). Liikenneviraston (2017) mukaan: *"Mittausperusta on keskeinen osa suunnittelun ja rakentamisen mittaustietoa. Mittausperustan avulla hankkeelle muodostetaan koordinaatisto ja se sidotaan valtakunnalliseen koordinaattijärjestelmään."*

Virtasen (2015) mukaan hankkeen lähtötietomallin maastomalliaineisto pitää sisällään maastomallin, täydennysmittaukset, mittausperustan ja yleispiirteisen maastomallin. Mittausperusta toimii pohjana laadittavalle maastomalliaineistolle ja mittausperustan laatimisessa tulee noudattaa mittauksesta annettuja voimassa olevia ohjeita.

Mittauskarttojen sisällön voisi esittää suunnitelmamallissa karttoja vastaavina näkyminä ja mittaus suunnitelmaselostus tulisi suunnitelmamallin liitteeksi. Mittaustiedostoihin voisi olla linkki suunnitelmamallissa ja ne voisivat olla tallennettuina aineistopalveluun. Mittausperustassa esitetty koordinaatti- ja korkeusjärjestelmä sisältyy suunnitelmamalliin pakollisena tietona, jotta suunnitellut ja mallinnettavat asiat voidaan esittää oikeassa paikassa ja korkeusasemassa.

R9 POHJARAKENNUS

Rakennussuunnitelmaan pohjarakentamisen osalta sisällytettäviä asiakirjoja ovat pohjatutkimusraportti, geoteknisen suunnittelun raportti, pohjatutkimuskartta, erikoistutkimukset, pohjarakentamisen yleiskartta, pohjarakentamisen kartta, pohjarakentamisen leikkauspiirustus sekä siltasuunnitelmaan sisällytettävät geotekniset asiakirjat. Kaikki pohjarakennuksen asiakirjat tulee laatia voimassa olevien geosuunnitteluohjeiden mukaan. Asiakirjat ovat raporttimuotoisia lukuun ottamatta karttoja ja leikkauspiirustusta. (Liikennevirasto 2013a.)

Yleisten Inframallivaatimusten osissa 5.1 Rakennussuunnitelmavaiheen maa-, pohja- ja kalliorakenteet sekä päällysy- ja pintarakenteet ja 5.2 Maanrakennustöiden toteutusmallin (koneohjausmalli) laadintaohje kuvataan pohjarakentamisen mallintamista rakennussuunnitelmavaiheessa. Osassa 5.1 esitetään mallinnusvaatimuksia ja -ohjeita rakennusosittain tai rakennusosaryhmittäin 1000-sarjan rakennusosille (Maa-, pohja- ja kalliorakenteet) ja 2000-sarjan rakennusosille (Päällysy- ja pintarakenteet). Osassa 5.2 puolestaan kuvataan, miten edellä mainittujen rakennusosien malleja tulee tuottaa, jotta ne ovat hyödynnettävissä rakentamisen aikana. Lisäksi suunnitelmamallien geotekniset toimenpiteet tulee kuvata tietomalliselostuksessa (Liikennevirasto 2017).

Kaikki pohjarakentamisen raportit tai asiakirjat voisi esittää suunnitelmamallin liitteinä sekä kartoilla esitettävät asiat suunnitelmamallissa karttoja vastaavina näkyminä. Leikkauspiirustus voisi olla suunnitelmamallin liitteenä, jos se on tarpeen esittää. Leikkauksia voidaan

myös katsoa suunnitelmamallista ohjelman avulla. Pohjatutkimukset voisi esittää kairausdiagrammeina suunnitelmamallissa. Erikoistutkimusten sisällön ja esitystavan osalta voidaan sopia hankekohtaisesti käytännöistä.

R10 VESIEN HALLINTA

Vesien hallinnan dokumentteja rakennussuunnitelmassa ovat kuivatuskartta, laskuojan pituusleikkaus, hulevesiviemärin pituusleikkaus, rumpuluettelo, rumpupiirustus, kaivokortti, pohjaveden suojaus, selkeytysaltan piirustus, hulevesipumppaamon työselostus ja pumppaamopiirustus sekä peltosalaojien muutostyöt. Kuivatuskartta ja peltosalaojien muutostyöt ovat karttamuotoisia dokumentteja. Laskuojan pituusleikkaus, hulevesiviemärin pituusleikkaus, rumpupiirustus, pohjaveden suojaus, selkeytysaltan piirustus ja pumppaamopiirustus ovat piirustusmuotoisia dokumentteja. Useat edellä mainituista dokumenteista sisältävät myös selostuksia tai erilaisia detajikuvia. Rumpuluettelo ja kaivokortit ovat luettelo- tai taukkomuotoisia dokumentteja. (Liikennevirasto 2013a.)

Yleisten inframallivaatimusten osissa 5.1 Rakennussuunnitelmavaiheen maa-, pohja- ja kalliorakenteet sekä päälly- ja pintarakenteet, 5.2 Maanrakennustöiden toteutusmallin (koneohjausmalli) laadintaohje sekä 6 Järjestelmät kuvataan vesien hallinnan mallintamista rakennussuunnitelmavaiheessa. Osissa 5.1 ja 5.2 kuvataan vesien hallinnan mallinnusohjeita ja -vaatimuksia rakennusosakohtaisesti sekä miten niitä tulee mallintaa, jotta ne ovat hyödynnettävissä rakentamisen aikana. Osassa 6 kuvataan esimerkiksi vesihuollon järjestelmien, kuten jäte- ja hulevesiviemäreiden sekä vesijohtojen mallintamista rakennussuunnitelmavaiheessa.

Selostukset ja muut niiden kaltaiset dokumentit voisi esittää mallissa soveltuvilta osin objektien ominaisuustietoina ja muilta osin liitteinä. Kuivatuskartalla esitettävät asiat voisi esittää suunnitelmamallissa karttaa vastaavana näkymänä. Laskuojan pituusleikkauksen, hulevesiviemärin kaivannon ja selkeytysaltan voisi esittää väylämallin tavoin taiteviivoina ja pintamalleina. Itse hulevesiviemärin ja sen kaivot sekä rummut voisi esittää kolmiulotteisina objekteina suunnitelmamallissa, jolloin niiden luetteloinnin voisi tehdä automaattisesti objektien koodauksen mukaan. Detajikuvat, kuten rumpu- ja pumppaamopiirustukset voisi esittää joko suunnitelmamallin liitteenä tai objektin liitteenä. Peltosalaojien muutostyöt voisi esittää suunnitelmamallissa kolmiulotteisina objekteina jakautuen uusiin ja käytöstä poistettaviin osiin.

R11 JOHDOT JA LAITTEET

Rakennussuunnitelmaan johtojen ja laitteiden osalta sisällytettäviä dokumentteja ovat johtokartat, johtojen ja laitteiden suojaputkiluettelo sekä vesihuollon erikoispiirustukset. Vesihuollon erikoispiirustukset sisältävät johtojen omistajien laatimia tai erikseen laadittavaksi sovittuja asiakirjoja. (Liikennevirasto 2013a.)

Yleisten inframallivaatimusten osassa 6 Järjestelmät kuvataan sähkön- ja tiedonsiirtorakenteiden sekä kaapeleiden putkien ja johtojen suojarakenteiden mallintamista rakennussuunnitelmavaiheessa.

Johtokartalla esitettävät asiat voisi esittää suunnitelmamallissa karttaa vastaavana näkymänä. Johtojen ja laitteiden suojaputket voisi esittää suunnitelmamallissa kolmiulotteisina

objekteina koodauksineen, jolloin luetteloinnin voisi tehdä automaattisesti mallista koodauksen perusteella. Vesihuollon erikoispiirustusten osalta mallintaminen ja mallinnustarkkuus voisi olla hankekohtaisesti sovittavissa.

R12 TIEYMPÄRISTÖ

Tieympäristön dokumentteja rakennussuunnitelmassa ovat tieympäristökartta, tieympäristön detaljipiirustukset ja tietaidekohteen piirustukset (Liikennevirasto 2013a).

Yleisten inframallivaatimusten osissa 5.1 Rakennussuunnitelmavaiheen maa-, pohja- ja kalliorakenteet sekä päällys- ja pintarakenteet, 5.2 Maanrakennustöiden toteutusmallin (koneohjausmalli) laadintaohje sekä 7 Rakennustekniset rakennusosat kuvataan tieympäristön mallintamista rakennussuunnitelmavaiheessa. Osissa 5.1 ja 5.2 kuvataan tieympäristön mallinnusohjeita ja -vaatimuksia rakennusosakohtaisesti sekä miten niitä tulee mallintaa, jotta ne ovat hyödynnettävissä rakentamisen aikana. Osassa 7 kuvataan muun muassa tietaidekohteiden mallintamista rakennussuunnitelmavaiheessa.

Tieympäristökartalla esitettävät asiat voisi esittää suunnitelmamallissa karttaa vastaavana näkymänä ja detaljipiirustukset näkyminä, kun mallinnustarkkuus on riittävä. Tietaidekohteet voisi esittää suunnitelmamallissa tilavarauksina tai tarkempina kolmiulotteisina mallina, jos niistä on tiedot saatavissa.

R13 MASSAT JA MÄÄRÄT

Massojen ja määrien osalta rakennussuunnitelmaan sisältyviä dokumentteja ovat massavarojen yhteenveto, alustava massansiirtosuunnitelma, paalukohtaiset massaluettelot, määräluettelot, kaideluettelot, maa-ainesten ottoalueet, läjitysalueet sekä pilaantuneiden ja haitta-ainepitoisten maiden kunnostus. Dokumentit ovat pääosin joko luetteloita tai selostuksia. Kuitenkin maa-ainesten ottoalueisiin, läjitysalueisiin sekä pilaantuneiden ja haitta-ainepitoisten maiden kunnostukseen sisältyy kartoja ja leikkauspiirustuksia. (Liikennevirasto 2013a.)

Yleisten inframallivaatimusten osissa 5.1 Rakennussuunnitelmavaiheen maa-, pohja- ja kalliorakenteet sekä päällys- ja pintarakenteet, 5.2 Maanrakennustöiden toteutusmallin (koneohjausmalli) laadintaohje, 6 Järjestelmät sekä 9 Määrälaskenta ja kustannusarviot kuvataan massojen ja määrien mallintamista rakennussuunnitelmavaiheessa. Osissa 5.1 ja 5.2 kuvataan tieympäristön mallinnusohjeita ja -vaatimuksia rakennusosakohtaisesti sekä miten niitä tulee mallintaa, jotta ne ovat hyödynnettävissä rakentamisen aikana. Osassa 6 kuvataan muun muassa turvallisuusrakenteiden ja opastusjärjestelmien mallintamista rakennusosakohtaisesti. Osassa 9 puolestaan kuvataan, miten rakennusosat tulee mallintaa, jotta ne tukevat automaattista määrälaskentaa.

Kaikki massojen ja määrien selostukset voisi esittää mallissa liitteenä ja luetteloitavat asiat objekteina ominaisuustietoineen, jotta luetteloinnin voisi tehdä automaattisesti objektien koodauksen mukaan. Kartoilla esitettävät asiat voisi esittää suunnitelmamallissa kartoja vastaavina näkyminä ja leikkaukset näkyminä mallissa tai tapauskohtaisesti piirustuksina mallien liitteinä.

R14 TYÖNAIKAISEN LIIKENTEEN JÄRJESTELYT

Työnaikaisen liikenteen järjestelyt sisältävät perinteisessä rakennussuunnitelmassa selostuksen ja karttakuvan tai -kuvia (Liikennevirasto 2013a).

Liikenneviraston (2017) mukaan rakentamisaikaiset liikennejärjestelyt mallinnetaan ja mallinnustarkkuus sovitaan hankekohtaisesti.

Laajat ja kestoaltaan pitkät tilapäiset liikennejärjestelyt voisi mallintaa väylämalleina vastaavasti kuin muut väylät. Tällöin ne pitäisi kuitenkin merkitä selvästi, jotta niistä käy ilmi, että ne ovat tilapäisiä, eivätkä pysyviä järjestelyjä.

R15 SILLAT

Tämä kohta on rajattu pois tutkimuksen käsittelystä. Kuitenkin väylärakenteiden ja siltojen siirtymärakenteet tulisi esittää suunnitelmamallissa. Niiden osalta tulee sopia tekniikkalajien suunnittelijoiden kesken, sisällytetäänkö ne väylämalliin vai siltamalliin.

R16 MUUT TAITORAKENTEET

Tien rakennussuunnitelmassa esitettäviä muita taitorakenteita ovat esimerkiksi paalulaatat, melukaiteet ja -seinät, tukimuurit, törmäyskaiteet ja portaat. Kyseiset kohteet esitetään esimerkiksi asema- ja leikkauspiirustuksina rakennussuunnitelmassa. (Liikennevirasto 2013a.)

Yleisten inframallivaatimusten osissa 5.1 Rakennussuunnitelmavaiheen maa-, pohja- ja kalliorakenteet sekä päällys- ja pintarakenteet, 6 Järjestelmät ja 7 Rakennustekniset rakennusosat kuvataan muiden taitorakenteiden mallintamista rakennussuunnitelmavaiheessa rakennusosakohtaisesti.

Muiden taitorakenteiden kohteet voisi esittää suunnitelmamallissa objekteina perustusrakenteineen ja tarpeellisine ominaisuustietoineen.

R17 VALAISTUS

Valaistuksen osalta rakennussuunnitelmaan sisältyviä dokumentteja ovat työselostus, määräluettelo, tievalaistuksen yleiskartta, tievalaistuskartta, tievalaistuksen tyyppipoikkileikkaus, pylväs- ja jalustaluettelo, tie- ja tunnelivalaistuksen suojaputki- ja kaivoluetelo, sillan valaistuspiirustus, tie- ja tunnelivalaistuksen sähköjärjestelmäpiirustukset, tunnelin valaistuskartta sekä tunnelivalaistuksen tyyppipoikkileikkaus ja kannatinrakenteet. Kyseisten asiakirjojen sisältö- ja esitystapa esitetään voimassa olevissa valaistuksen suunnitteluohjeissa. (Liikennevirasto 2013a.)

Yleisten inframallivaatimusten osassa 6 Järjestelmät kuvataan sähkö-, tele- ja koneteknisten järjestelmien mallintamista rakennussuunnitelmassa rakennusosittain.

Valaistuksen työselostuksen voisi esittää suunnitelmamallin liitteenä. Valaistuksen kartat ja asemapiirrokset voisi esittää suunnitelmamallissa näkyminä ja muut piirustusmuotoiset dokumentit joko näkyminä tai liitteinä. Esimerkiksi tyyppipoikkileikkaukset ja sähköjärjestelmäpiirustukset voisi esittää liitteinä. Lähes kaikki luetteloitavat asiat voisi esittää suunnitelmamallissa objekteina ominaisuustietoineen, jotta luetteloinnin voisi tehdä automaattisesti objektien koodauksen perusteella.

R18 KIINTEÄ LIIKENTEEN OHJAUS

Rakennussuunnitelmaan sisältyviä dokumentteja ovat kiinteän liikenteen ohjauksen osalta työselostus, määräluettelo, kiinteän liikenteen ohjauksen kartta ja yleiskartta, opastusmerkin mitoituspiirustus, liikennemerkkiluettelo sekä kiinteän liikenteen ohjauksen portaalin yleispiirustus, portaaliluettelo, perustettavan pylvään yleispiirustus ja perustettavien pylväiden luettelo (Liikennevirasto 2013a).

Yleisten inframallivaatimusten osassa 6 Järjestelmät kuvataan opastus- ja ohjausjärjestelmien sekä pylväs ja tukirakenteiden mallintamista rakennusosittain rakennussuunnitelmassa.

Kaikki kiinteän liikenteen ohjauksen osalta luetteloitavat asiat voisi esittää suunnitelmamallissa objekteina ominaisuustietoineen ja koodauksineen automaattisen luetteloinnin mahdollistamiseksi. Työselostuksen voisi esittää suunnitelmamallissa liitteenä ja kartoilla esitettävät asiat karttoja vastaavina näkyminä. Muut piirustusmuotoiset dokumentit voisi esittää joko mallin liitteinä tai näkyminä mallissa.

R19 LIIKENNEVALO-OHJAUS

Liikennevalo-ohjauksen osalta rakennussuunnitelmaan sisältyviä dokumentteja ovat suunnitelmaselostus, työkohtaiset laatuvaatimukset ja työselostus, määräluettelo, liikennevalo-ohjauksen kartta ja yleiskartta, kaapelointikaavio, suojaputkiluettelo, opastinryhmien ja ilmaisimien perusohjelmoinnin asiakirjat sekä laitetoimittajien laatimat asiakirjat (Liikennevirasto 2013a).

Yleisten inframallivaatimusten osassa 6 Järjestelmät kuvataan opastus- ja ohjausjärjestelmien sekä pylväs ja tukirakenteiden mallintamista rakennusosittain rakennussuunnitelmassa.

Liikennevalo-ohjauksen kartoilla esitettävät asiat voisi esittää suunnitelmamallissa karttoja vastaavina näkyminä ja luetteloitavat asiat objekteina ominaisuustietoineen automaattisen luetteloinnin mahdollistamiseksi. Selostukset, kaaviot ja muut asiakirjat voisi esittää suunnitelmamallin liitteinä.

R20 TELEMATIikka

Tien rakennussuunnitelmassa esitettäviä telematiikan dokumentteja ovat liikenteenhallintajärjestelmän toimintaperiaatteet, telematiikan liikennetekninen järjestelmäkaavio, liikenteenhallinnan käyttöliittymän toiminnalliset vaatimukset, telematiikkalaitteiden toiminnalliset ja tekniset vaatimukset, työselostus, määräluettelo, laite- ja opasteluettelo, telematiikkakartta, portaali- ja pylväsluettelo, portaalien ja pylväiden yleispiirustus, opasteiden mitoituspiirustukset, laitetoimittajan laatimat asiakirjat, telematiikan sähkö-, tietoliikenne- ja ohjausjärjestelmäsuunnitelmat sekä telematiikan testauksen ja käyttöönoton asiakirjat (Liikennevirasto 2013a).

Yleisten inframallivaatimusten osassa 6 Järjestelmät kuvataan opastus- ja ohjausjärjestelmien, pylväs ja tukirakenteiden sekä laitetilojen, kojujen ja kaappien mallintamista rakennusosittain rakennussuunnitelmassa.

Kaikki telematiikan osalta luetteloitavat asiat voisi esittää suunnitelmamallissa objekteina ominaisuustietoineen, jotta objektien luetteloinnin voisi tehdä automaattisesti koodauksen perusteella. Kartoilla esitettävät asiat voisi esittää suunnitelmamallissa karttoja vastaavina

näkyminä. Selostukset, kaaviot ja muut niiden kaltaiset asiakirjat voisi esittää suunnitelma-mallin liitteinä.

R21 TUNNELIT

Tämä kohta on rajattu pääosin pois tutkimuksen käsittelystä. Kuitenkin tunneleiden ja väylärakenteiden siirtymärakenteet ja tunneleiden suuaukkokaivannot tulisi esittää suunnitelma-mallissa rakenteiden yhteensovittamiseksi. Tunneleiden suuaukkokaivantojen osalta rakennussuunnitelmaan sisältyvät suuaukon pohjapiirustus, leikkauspiirustus, seinämäpiirustus sekä suuaukon kanaalien ja kuoppien louhintapiirustus (Liikennevirasto 2013a).

Yleisten inframallivaatimusten osassa 5.1 Rakennussuunnitelmavaiheen maa-, pohja- ja kalliorakenteet sekä päällys- ja pintarakenteet kuvataan kallion tiivistys- ja lujitusrakenteiden sekä kallioleikkausten, -kaivantojen ja -tunnelien mallinnusvaatimuksia rakennusosittain.

Tunneleiden suuaukkojen piirustukset voisi esittää suunnitelmamallissa näkyminä tai tarvittaessa mallin liitteinä detaljipiirustuksina. Niiden osalta tulee sopia tekniikkalajien suunnittelijoiden kesken, sisällytetäänkö ne väylämalliin vai tunnelimalliin.

R22 TUNNELEIDEN LVIA (LÄMPÖ, VESI, ILMASTOINTI, AUTOMAATIO) JA PALOTURVALLISUUS

Tämä kohta on rajattu pois tutkimuksen käsittelystä.

R23 TUNNELEIDEN SÄHKÖ-, TELE- JA TURVAJÄRJESTELMÄT

Tämä kohta on rajattu pois tutkimuksen käsittelystä.

R24 SUUNNITTELUAINEISTO

Suunnitteluaineiston osalta rakennussuunnitelmaan sisältyvät kustannusarvio ja yhteensovituspiirustukset. Määräluettelot esitetään väylittäin ja koko hankkeen yhteenvetona sisältäen hinnat. Kustannusarvio ladataan myös tilaajan Fore-tietokantaan. Yhteensovituspiirustus sisältää kaikki suunnitellut maanpäälliset ja maanalaiset rakenteet ja sen avulla varmistutaan rakenteiden yhteensopivuudesta ja suunnitelman toteutuskelpoisuudesta. (Liikennevirasto 2013a.)

Yleisten Inframallivaatimusten osassa 9 käsitellään määrälaskentaa ja kustannusarvioita. Ohjeessa opastetaan rakenteiden mallintamiseen siten, että ne ovat hyödynnettävissä automaattista määrä- ja kustannuslaskentaa käytettäessä. Lisäksi on otettava huomioon, että rakennusosiin perustuvaan määrälaskentaan tulee lisätä käsin mahdolliset massojen kuljetuksista aiheutuvat lisäkustannukset. (Ruuti ym. 2015.)

Liikenneviraston (2017) mukaan yhdistelmämalli kootaan eri tietomalleista ja sitä hyödynnetään erityisesti tekniikkalajien yhteensovituksessa ja vuorovaikutuksessa. Yhdistelmämallia voidaan muodostaa eri käyttötarkoituksia varten. Esimerkiksi väylän ja sillan yhteensovituustarkastelut voidaan suorittaa yhdistelmämallin avulla.

Määrä- ja kustannuslaskentaa ei toistaiseksi tehdä suunnittelussa juurikaan tietomallipohjaisesti. Tulevaisuudessa ohjelmistojen ja aineistopalveluiden kehittyessä, voidaan määrä- ja

kustannuslaskentaa mahdollisesti tehdä automaattisemmin. Teknisiä yhdistelmämalleja hyödynnetään jo nykyisin erilaisten rakenteiden yhteensopivuustarkasteluissa. Niiden avulla voidaan myös tulevaisuudessa varmistua erilaisten mallien ja rakenteiden yhteensopivuudesta.

5 Haastattelututkimus

5.1 Haastattelututkimuksen kuvaus

Haastattelu on yleisesti käytetty tiedonkeruutapa. Tutkimushaastattelu eroaa tavallisesta keskustelusta tai esimerkiksi uutishaastattelusta siten, että sen tavoitteena on tutkimustehtävän suorittaminen. Haastattelulla kerätään siis aineistoa tutkittavasta aiheesta tai kohteesta. Haastattelun jälkeen aineistoa analysoidaan ja tulkitaan tutkimustehtävän suorittamiseksi. (Hirsjärvi & Hurme 2001.)

Haastatteluja voidaan luokitella erilaisin perustein ja haastattelutapoja ja -tyyppejä onkin useita erilaisia. Eräs yleisesti käytetty luokittelu perustuu siihen, kuinka tiukkaa formaattia haastattelussa käytetään ja kuinka jäsennelty haastattelu on. Tähän jaotteluun perustuvia erilaisia haastattelutyppejä ovat muun muassa avoin haastattelu, teemahaastattelu, strukturoitu haastattelu, puolistrukturoitu haastattelu ja ryhmähaastattelu. (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka 2006a.)

Tässä työssä käytettiin puolistrukturoitua haastattelua. Puolistrukturoidussa haastattelussa haastattelulle on mietitty etukäteen teemat ja saatettu valmistella tarkat kysymykset, jotka esitetään haastattelutilanteessa. Haastattelukysymysten järjestystä voidaan kuitenkin vaihdella haastatteluissa. Puolistrukturoitu haastattelu sopiikin tilanteisiin, joissa halutaan kerätä tietoa tietyistä asioista tai teemoista, eikä haastattelutilanteessa haastateltavalle ole tarpeen antaa kovin laajasti vapauksia. (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka 2006b.) Tämän työn osalta katsottiin tarkoituksenmukaiseksi laatia valmiit haastattelukysymykset ennen haastatteluja ja lähettää ne haastateltaville ennalta, jotta he ehtisivät perehtyä kysymyksiin ja aiheisiin ennen haastattelua ja siten vastata haastatteluissa mahdollisimman kattavasti.

Haastattelukysymykset pyrittiin lähettämään haastateltaville noin viikkoa ennen sovittua haastattelu-aikaa. Yksi haastatteluista järjestettiin Skype-puheluna ja loput kymmenen kasvokkain. Haastatteluista kahdeksan toteutettiin yksilöhaastatteluina, kaksi toteutettiin kahden henkilön yhteishaastatteluina ja yksi toteutettiin kolmen henkilön yhteishaastatteluina. Haastatteluiden kesto vaihteli noin puolestatoista tunnista reiluun kahteen tuntiin. Nauhoitetut haastattelut litteroitiin tekstimuotoiseksi aineistoksi, mutta selvästi aiheeseen liittymättömät osat jätettiin pois ja litteroinnissa keskityttiin haastattelukysymysten kannalta keskeisiin osiin. Lisäksi litteroitua materiaalia jäsenneltiin oikeiden osakokonaisuuksien alle esimerkiksi tilanteissa, joissa haastatteluissa oli myöhemmissä vaiheissa tullut mieleen asioita jo aiemmin käsiteltyihin kohtiin. Haastatteluista koostettu aineisto on esitetty tämän työn kohdassa 5.4 Haastatteluaineisto siten, etteivät yksittäisen vastaajan vastaukset käy aineistosta ilmi ja vastaajien anonymiteetti säilyy.

5.2 Haastattelut

Haastatteluihin osallistui yhteensä 15 henkilöä tilaajien, suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden organisaatioista. Tilaajien edustajat olivat pääosin hankkeiden projektipäälliköitä ja -johtajia sekä yksi tietomallikoordinaattori. Suunnittelijoiden edustajat olivat hankkeiden projektipäälliköitä, pääsuunnittelijoita, tietomalliasiantuntijoita ja ohjelmistoasiantuntijoita. Urakoitsijan edustajat olivat puolestaan hankkeiden projektipäälliköitä, tietomalliasiantuntijoita, mittauksen asiantuntijoita sekä esimies- ja asiantuntijatehtävissä toimivia henkilöitä.

Haastatellut henkilöt edustavat hyvin infrarakentamishankkeiden ja niihin liittyvän tietomallintamisen eri osapuolten asiantuntijoita ja siten soveltuvat tämän tutkimuksen kohderyhmään. Kaikki asiantuntijat olivat olleet mukana tietomallipohjaisissa hankkeissa sekä heillä oli monipuolinen kokemus infrahankkeiden parissa työskentelystä. Luettelo haastatelluista henkilöistä on esitetty työn liitteissä.

5.3 Haastattelukysymykset

Haastattelukysymykset jakautuvat 20 kohtaan, jotka sisältävät yhdestä neljään kysymystä. Ensimmäiset seitsemän kohtaa käsittelevät yleisesti rakennussuunnittelua, tietomallintamista, edellisiin liittyvää ohjeistusta, tiedonsiirtoformaatteja ja urakkamuotoja. Viimeiset 13 kohtaa käsittelevät osittain tekniikkalajikohtaisesti rakennussuunnitelmamallin sisältöä ja tarkkuutta. Kaikille haastateltaville esitettiin sama kysymyssarja, joka on esitetty työn liitteissä.

5.4 Haastatteluaineisto

1. Monessako tietomallipohjaisessa hankkeessa olette ollut mukana ja minkälaisia kokemuksia teillä on niistä?

Haastateltavat henkilöt olivat olleet mukana tietomallipohjaisissa tai koneohjauksella toteutetuissa hankkeissa vaihtelevasti muutamasta hankkeesta lähes sataan hankkeeseen. Osalla haastateltavista oli kokemusta koneohjaukseen liittyvästä toiminnasta jo vuosituhannen alkupuolelta, jolloin toiminta oli vasta alkutekijöissään. Lisäksi osa asiantuntijoista oli ollut mukana erilaisissa kehityshankkeissa tai piloteissa sekä tietomallintamisen ohjetöiden laatimisessa ja tietomallintamiseen liittyvissä koulutustehtävissä.

Kokemukset tietomallipohjaisista projekteista olivat pääosin myönteisiä. Koettiin, että tietomallipohjainen toiminta on kaikkein kustannustehokkain ja nopein tapa toimia infrarakentamisessa.

"[Tietomallipohjaisen toiminnan] etuja ei varmaan enää tarvitse perustella."

Haastatteluissa nousi esiin myös, että tietomallipohjainen toiminta saattaa alkuun tuntua hankalalta, mutta, kun toimintatavat omaksutaan, realisoituvat myös niistä saatavat hyödyt. Lisäksi tiedon ja kokemusten karttuessa sekä toimintatapojen vakiintuessa, on mallipohjaisten hankkeiden aloittaminen ja niissä alkuun pääseminen entistä helpompaa. Vanhojen toimintatapojen muuttaminen tuo usein mukanaan haasteita.

Toisaalta haastatteluissa mainittiin myös, että tietomallipohjaisessa toiminnassa ja koneohjauksessa olisi vielä tehostamisen varaa. Prosessit eivät ole vielä optimaaliset ja projekteissa joudutaan usein miettimään tarkkaan tietomallintamisen laajuus ja tarkkuus, jotta toiminta olisi mahdollisimman tehokasta ja kannattavaa. Lisäksi huomautettiin, että mitä yksityiskohteisemmin suunnitelmia mallinnetaan, sitä enemmän se vaatii aikaa.

2. Miten hyvin YIV-ohjesarja ja Tie- ja ratahankkeiden inframalliohje palvelevat rakennussuunnitteluvaihetta ja rakentamista?

Onko niiden mukainen viisiportainen mallintamisen tarkkuusasteikko mielestänne hyvä? Tulisiko tasoja olla enemmän vai vähemmän vai pitäisikö nykyisiin tehdä jotain muutoksia tai tarkennuksia?

Haastattelujen perusteella Tie- ja ratahankkeiden inframalliohjeen koettiin tuoneen paljon täsmennyksiä YIV-ohjesarjaan sekä sen tiiviimmän ja paremmin jäsennellyn esitystavan katsottiin olevan eduksi yleiskäsityksen saamiseen mallintamisesta infrahankkeissa. Toisaalta esimerkiksi rakennussuunnitelmamallin ja toteutusmallin välisen eron ja koneohjausmallien sijoittumisen niiden välillä nähtiin jääneen edelleen epäselväksi sekä mallien tuottamisen vastuukysymykset jääneen ratkaisematta. Toivottiin, että urakoitsijoiden edustajia osallistettaisiin enemmän ohjetöiden laadintaan ja päivittämiseen, jotta ohjeiden avulla laaditut mallit vastaisivat paremmin myös rakentamisen tarpeita.

Kuvassa 23 esitetty tarkkuustasotaulukko koettiin optimaaliseksi tasojen määrän suhteen tällä hetkellä. Sen supistamista ei nähty hyvänä ajatuksena ja laajentamisen suhteen pelättiin liian yksityiskohtaista jakoa. Tosin tarkkuustasojen kuvauksen perusteellisuutta ja selkeyttämistä esitettiin lähes yksimielisesti haastatteluissa. Erityisesti sinisen ja vihreän tarkkuustason välistä eroa ihmeteltiin. Monet asiantuntijat esittivät näkemyksen, että vihreään tarkkuustasoon sisältyisi laajemmat ominaisuustiedot kuin siniseen ja se olisi niiden välinen merkittävin ero. Vihreän tarkkuustason täydellistä kuvausta pidettiin lisäksi hyvin subjektiivisena, eli käyttäjäkohtaisesti tulkinnanvaraisena. Tarkkuustasojen yhteyteen kaivattiin kuvia, joista kävisi havainnollisemmin ilmi eri suunnitteluvaiheiden ja toteutusvaiheen tarkkuustaso ja esitystapa. Esimerkiksi yhdistelmämallista otetut leikkauskuvat olisivat havainnollisia. Esitettiin myös, että tekniikkalajikohtaiset ja hankekoon ja -tyypin mukaiset jaotellut olisivat hyödyllisiä.

Värikoodi	Mallinnustarkkuus
	Lähtökohtaisesti ei mallinneta. Voidaan sopia hankekohtaisesti.
	Mallinnetaan osien ulkopinnat. Ei vaadita tilavuusominaisuuksia; 2D-pinta, aluerajaus tai taiteviiva riittää.
	Mallinnetaan osat 3-ulotteisina kappaleina, pintoina, taiteviivoina. Objektien ominaisuustiedoista kerrotaan vain ko. suunnitteluvaiheessa olennaiset asiat.
	Mallinnetaan täydellinen kuvaus rakenteesta.
	Mallinnus ja sen tarkkuustaso sovitaan hankekohtaisesti.

Kuva 23: Inframallintamisen tarkkuustasotaulukko (Liikennevirasto 2017).

YIV-ohjesarjan koettiin olevan hieman sekava ja heikosti jäsennelty. Halutun tiedon löytäminen ohjeista koettiin hankalaksi sekä ohjeistuksen katsottiin olevan paikoitellen turhan tarkka ja yksityiskohtainen. Esimerkkinä mainittiin liikenteen ohjauksen objektien mallinnustarkkuus, johon formaatit ja ohjelmistot eivät vielä taivu. Loppuvuodesta 2017 toteutettavan YIV-ohjesarjan päivytyskierroksen toivottiin tuovan ratkaisuja ohjeiden sisällön ja esitystavan ongelmiin. Lisäksi YIV-ohjesarjaan kaivattiin enemmän katusuunnittelun näkökulmaa, jotta sen soveltaminen katusuunnitteluun ja -rakentamiseen olisi helpompaa. Tie- ja ratahankkeiden inframalliohjeen katsottiin olevan YIV-ohjesarjaakin suppeampi katusuunnittelun näkökulmasta.

3. Tien rakennussuunnitelma - sisältö ja esitystapa -ohjeessa on kuvattu perinteinen rakennussuunnitelma.

Voitaisiinko joistain kyseisen ohjeen asioista tai vaatimuksista luopua täysin tietomallipohjaisessa suunnitelmassa? (esim. päällekkäisyydet) Miten kyseinen tieto tässä tapauksessa esitettäisiin?

Mikä on edelleen olennaista, kun siirrytään täysin tietomallipohjaiseen rakennussuunnitteluun ja rakentamiseen?

Minkälainen visio (esim. hyödyt, haitat, vaiheistus jne.) teillä on siirtymävaiheesta, kun edetään nykytilan mukaisesta rakennussuunnittelusta ja rakentamisesta täysin tietomallipohjaiseen rakennussuunnitteluun ja rakentamiseen?

Haastatteluissa koettiin yleisesti, että tämänhetkinen rakennussuunnitelman sisältö- ja esitystapaohje sisältää paljon päällekkäisiä asioita sekä joitain seikkoja, joita tietomallipohjaisessa toiminnassa voisi esittää suunnitelmamallissa dokumenttien sijaan. Esimerkiksi paalu-kohtaiset poikkileikkaukset koettiin hyvin yksimielisesti tarpeettomiksi esittää perinteisessä muodossa. Niitä voisi sen sijaan katsella suunnitelmamallista näkyminä jollain työkalulla, kuten tietokoneella, tabletilla tai muulla vastaavalla. Liittymäpiirustuksista mainittiin, että kun mallinnustarkkuus on riittävä, ei perinteistä liittymäpiirustusta tarvita vaan detaljit voidaan katsoa suunnitelmamallista. Lisäksi kartalla esitettävät merkinnät, kuten koordinaattiristit, pohjoisnuolet, mittakaavat, nimiöt ynnä muut vastaavat seikat tulisi sisällyttää suunnitelmamalliin metatiedoksi, jonka mallin katseluohjelma lukee ja visualisoi tarvittaessa. Haastatteluissa tuotiin myös esiin, että ohjelman, jolla mallia käytetään, pitäisi pystyä tuottamaan siitä perinteisiä piirustuksia käyttöä varten. Kyseisten piirustusten ei tarvitsisi välttämättä olla viimeistelyjä, mutta niistä pitäisi saada vastaava informaatio, kuin perinteisestä dokumentista. Lisäksi rakennussuunnitelman tarkastaminen nähtiin toistaiseksi helpomaksi perinteisistä dokumenteista kuin suunnitelmamallista. Myös suunnitelman hyväksymisessä ja arkistoisissa arvioitiin suunnitelmamallien olevan haasteellisia.

Tietojen esittämisen suhteen mainittiin korostuvina seikkoina pistetiedot, geometrialinjat ja taiteviivat, erilaiset objektit sekä kaikkien edellä mainittujen osalta ominaisuustietojen kattavampi käyttö. Luetteloitavien asioiden osalta voitaisiin siirtyä enemmän automaattiseen luettelointiin, kun asiat on koodattu suunnitelmamalliin oikein. Tällöin käyttäjä voisi valita luetteloitavien asioiden, kuten rumpujen tai kaivojen parametrit ja tehdä luetteloinnin koko hankkeen alueelta tai aluerajausta käyttäen. Itse luetteloiden laatimista käsin ei pidetty kovinkaan järkevänä, mutta niiden tietosisältö katsottiin monesti hyvin merkitykselliseksi.

"Tarkoituksena on, että tuotetaan mallista perinteisiä kuvia, eikä toisin päin."

Edelleen olennaisina dokumentteina mainittiin pituusleikkaukset ja niiden tietosisältö, rakenteelliset tyyppipoikkileikkaukset ja päällysrakennetaulukot. Jokin karttamuotoinen esitys katsottiin myös tarpeelliseksi. Onko se sitten yleis- vai suunnitelmakartta tai jonkinlainen hybridi näistä kahdesta, jäi avoimeksi. Myöskään kartan tai paperin kokoa ei nähty rajoittavana seikkana, vaan yksi koko hankkeen kattava kartta voisi olla hyvä. Tietomallipohjaisessa suunnittelussa ja rakentamisessa nähtiin edelleen olennaisina seikkoina myös luotettavuus suunnitelman oikeellisuuteen sekä tieto epävarmuudesta, tarkkuustasosta ja vaihtoehtoista ratkaisusta. Lisäksi muutoshistorian, eli revisioiden esittäminen suunnitelmamallissa pitäisi

olla mahdollista, jotta suunnitelmien osalta voidaan siirtyä täysin tietomallipohjaiseen toimintaan.

Pituusleikkauksen tietosisällön esittäminen mittalinjasidonnaisena nähtiin tarpeellisenä kehityskohteena, jotta pituusleikkaus voidaan tulostaa ulos ohjelmasta, jolla mallia käytetään. Esimerkiksi päällysrakenteen, poikkileikkauksen ja sivukaltevuuksien tiedot sekä risteävät väylät tulisi liittää mittalinjaan paalu- tai paaluvälikohtaisina ominaisuustietoina.

Siirtymävaiheen arvioitiin olevan pitkä eikä tekstimuotoisten dokumenttien arvioitu katoavan ainakaan siirtymävaiheen aikana. Tosin pääosin tekstinä esitettävien dokumenttien arvioitiin siirtyvän joko suunnitelmamallien liitteiksi tai linkeiksi erilaisiin aineistopalveluihin. Tulevaisuudessa kaiken informaation paikkatietosidonnaisuutta pidettiin tärkeänä mal-leissa. Tietoon pitäisi päästä käsiksi siitä paikasta, jossa sillä on merkitystä.

Vision suhteen esitettiin, että suunnitelmien tarkastamiseen voisi kehittää entistä parempia työkaluja, jotka pystyisivät ottamaan kantaa suunnitelmien oikeellisuuteen joidenkin asioiden osalta. Tietomallien ei kuitenkaan nähty ratkaisevan kaikkia ongelmia, vaan mallien käyttäjille jäisi myös tulevaisuudessa vastuita ja osaamisvaatimuksia. Myös hankkeiden lähtötietojen ja lähtötietomallin merkityksen arvioitiin kasvavan tulevaisuudessa.

Tulevaisuudessa interaktiivisten urakkamuotojen merkityksen nähtiin korostuvan, jolloin pienemmissäkin hankkeissa tehtäisiin tiiviimpää yhteistyötä tilaajien, suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden kesken. Myös osaamisen, tiedonsiirtoformaattien ja ohjelmistojen kokonaisvaltaisen kehittämisen arvioitiin olevan keskeisessä asemassa siirtymävaiheen läpiviennissä. Muutosten toteuttaminen asteittain sekä mallipohjaisen toiminnan edistäminen erilaisin kannustimin esimerkiksi tarjousten pisteytyksessä koettiin hyvänä tapana toimia. Tällöin kokonaiskustannusten laskettua hyödyt realisoituisivat tilaajalle ja sitä kautta koko yhteiskunnalle.

4. Miten urakoitsija hyödyntää rakennussuunnitelmamallia toteutusmallia tehtäessä? Mitkä ovat rakennussuunnitelmamallin ja toteutusmallin erot?

Mitkä ovat rakennussuunnitelmamallin yleisimpiä puutteita tai miten rakennussuunnitelmamallia voisi kehittää paremmin tarkoitusta palvelevaksi?

Mitä asioita rakennussuunnitelman mallintamisessa pitäisi huomioida, jotta ne palvelisivat toteutumamallin tai -tietojen kokoamista paremmin?

Haastattelujen perusteella rakennussuunnitelmamallin ja toteutusmallin välinen ero ei ole selvä. Molemmat mallit ja niiden välinen ero koettiin merkityksellisinä seikkoina, joihin kaivattiin hyvin selkeitä ja perusteellisia määrittelyjä, jotta tulkinnanvaraisuus vähenisi. Haastatteluissa todettiin, että tämänhetkinen ohjeistus velvoittaa toimittamaan rakennussuunnitelmamalliin perustuvan toteutusmallin urakoitsijan käyttöön, jota urakoitsija jatkojalostaa omien tarpeidensa mukaan. Epäselvänä nähtiin myös koneohjausmallien ja paikalleenmittausmallien sijoittuminen ja hierarkia rakennussuunnitelmamallin ja toteutusmallin suhteen.

Urakkamuodolla nähtiin olevan vaikutusta eri mallien sijoittumisessa toistensa suhteen. Yhtenä ajatuksena esitettiin, että esimerkiksi kokonaisurakkana toteutettavassa hankkeessa rakennussuunnitelmamalli olisi oma kokonaisuutensa, johon urakoitsija muokkaisi omat vii-

meistelynsä, kuten materiaali- ja tuotetietojen määrittelyt tai työtavat ja -vaiheistukset, jolloin siitä muodostuisi toteutusmalli. Tässä esitystavassa toteutusmalli olisi urakoitsijan laatima oma kokonaisuutensa, jonka osamalleja koneohjausmallit ja paikalleenmittausmallit olisivat. ST-urakassa ja elinkaarimallissa toteutusmallin laatiminen kuuluisi suunnittelijan vastuulle ja urakoitsija laatisi toteutusmallista omaan käyttöönsä tarpeelliset koneohjaus- ja paikalleenmittausmallit.

Toisaalta esitettiin, että miksi rakennussuunnitelmamallin ja toteutusmallin tarvitsisi olla erilliset ja eikö niiden kannattaisi olla mahdollisimman lähellä toisiaan. Tällä tarkoitettiin, että rakennussuunnitelmamallia laadittaessa voitaisiin siihen sisällyttää jo toteutusvaiheessa tarvittavaa mittaustietoa, kuten pisteitä, taiteviivoja tai geometrialinjoja. Rakennussuunnitelmamallissa objektit voisivat olla ulkonäöltään tai tilavuusominaisuuksiltaan kohdetta mukailevia, mutta niille lisättäisiin ohjeiden mukaiset mittaustiedot. Tällöin suunnitelmamallista voitaisiin sammuttaa toteutusvaiheessa objektien kuvaukset ja hyödyntää pistetietoja paikalleenmittauksessa sekä asettaa niille tarpeen mukaan ominaisuustiedoiksi materiaali- tai tuotetietoja. Aineiston yksinkertainen esitystapa koettiin toteutusmallissa hyvänä seikkana. Lisäksi mainittiin, että rakennussuunnitelmamalli voisi olla joko Inframodel-muotoista aineistoa tai suunnitteluohjelman natiiviformaatissa olevaa aineistoa, mutta toteutusmallin olisi aina oltava avoimessa formaatissa tuotettua aineistoa.

Rakennussuunnitelmamallin tarkkuuden osalta pohdittiin, että sen tulisi olla nykyisen YIV-ohjeen toteutusmallin edellyttämällä vaatimustasolla, mutta siinä tulisi muistaa kohtuus. Liittymäalueilla geometrialinjojen ja taiteviivojen jatkuvuutta ja yhteensopivuutta pidettiin tärkeänä seikkana. Koettiin, että jos ne on sovitettu oikein, tulisi pintamallin kolmioitua oikein väylien väliin jäävästä metrin raosta huolimatta. Mallinnustarkkuudesta mainittiin myös, että tulisi ottaa huomioon rakentamisaikainen maksimitarkkuus, eikä tehdä malleja turhaan tarkoituksenmukaista tarkemmiksi.

Urakoitsija pyrkii haastatteluiden mukaan hyödyntämään rakennussuunnitelmamallia mahdollisimman paljon toteutusmallia laadittaessa. Koettiin, että pistetietona esitetyt aineistot, kuten kaivojen sijaintitiedot ovat paljon paremmin hyödynnettävissä työmaalla kuin luetteloissa esitetyt aineistot. Toisaalta haasteena nähtiin perinteisen luettelomaisen aineiston ja pistetietona esitettävän aineiston mahdolliset poikkeamat ja siten validin tiedon löytämisen, mihin saattaa kulua yllättävän paljon aikaa.

Suunnitelma- ja toteutusmallien toimittamisessa ristiriitaisena seikkana nähtiin väyläkohtaisuus. Osa haastateltavista oli sitä mieltä, että väylämallien tulisi olla saumattomasti yhteensopivia ja yhdistettyjä jo suunnitteluvaiheessa, eikä väylämallien väliin saisi jättää metrin väliä. Toisaalta osa oli sitä mieltä, että aineistot pitäisi nimenomaan toimittaa väyläkohtaisesti, eikä aluemaisina kokonaisuuksina, jotta niitä pystytään helpommin käyttämään rakentamisessa ja tarvittaessa pilkkomaan vielä pienempiin osakokonaisuuksiin.

Rakennussuunnitelmamallin ongelmina ja puutteina koettiin puutteelliset taiteviivojen ja pintamallien koodaukset, ajoittain puutteelliset toimitetut aineistot, tietomalliselostuksen sisällön ja laadun vaihtelevuus sekä aineistojen toimittaminen muissa kuin avoimissa formaateissa. Puutteellisista aineistoista mainittiin, että välillä toimitetaan kolmiopintoja, mutta ei taiteviiva-aineistoa, joka on rakentamisen kannalta keskeisessä asemassa. Aineiston toimitamisesta puolestaan mainittiin, että dwg-formaatti ei ole yleisyydestään huolimatta avoin formaatti ja siksi Inframodelia tulisi suosia enemmän toimitettavan aineiston osalta. Lisäksi

mainittiin, että erilaisten rakenteiden yhteensopivuustarkastelut ovat yksi mallintamisen keskeisistä hyödyistä. Tällä hetkellä kuitenkin mallinnetaan vain osa rakenteista, joten rakenteiden yhteensopivuusongelmat eivät välttämättä tule esiin.

Rakennussuunnitelmissa voitaisiin haastatteluiden perusteella mallintaa leikkauspohja kallioleikkausten kohdalle sekä murske- että louherakenteena, jolloin urakoitsija pystyisi muokkaamaan mallin toteutuneen tilanteen mukaiseksi helpommin. Maa- ja kalliorakenteen välisen siirtymäkiilan paikka on todellisuudessa harvoin siinä, mihin se on suunnitelmassa mallinnettu, koska pohjatutkimukset on saatettu tehdä harvalla pistevälillä. Suunnitelma- ja toteutusmalleihin kaivattiin toteutumaa varten toleranssitietoja. Tällöin laadunvarmistus ja -seuranta olisi helpompaa ja mahdollisten virheet tulisivat helpommin esiin. Lisäksi sekä toteumatietojen että koko hankkeen elinkaarenaikaista tiedonhallintaa parantaisivat yhtenäiset nimeämiskäytännöt ja kansiorakenteet. Tällöin tieto eri vaiheissa käytetyistä ja tuotetuista aineistoista olisi helpommin ja ymmärrettävämmiin saatavilla.

5. Tiehankkeissa käytetään urakkamuotoina pääasiassa kokonaisurakkaa, ST-urakkaa, elinkaarimallia ja allianssimallia.

Onko käytettävällä urakkamuodolla tällä hetkellä mielestänne vaikutusta tietomallintamiseen rakennussuunnittelussa? Jos on, niin mitä vaikutuksia?

Olisiko mielestänne urakkamuodolla vaikutusta täysin tietomallipohjaiseen rakennussuunnitelmaan?

Haastatteluiden perusteella urakkamuodolla on vaikutusta tietomallintamiseen rakennussuunnittelussa. ST-urakka, elinkaarimalli ja allianssimalli koettiin hyviksi urakkamuodoiksi, koska yhteistyötä, vuorovaikutusta ja joustavuutta eri tahojen välillä on enemmän kuin kokonaisurakassa.

Kokonaisurakka koettiin kaikkein haastavimmaksi ja ongelmallisimmaksi urakkamuodoksi. Suunnitelmien puutteellisuuden tai virheiden korjaamisen mahdollisuudet koettiin kaikkein heikoimmiksi kokonaisurakassa ja siksi suunnitelmien tarkastamisen merkitys korostuu. Lisäksi kokonaisurakkana toteutettava hanke saattaa suunnittelun valmistumisen jälkeen odottaa rahoitusta useamman vuoden ajan, joten suunnitelma saattaa olla jo vanha joiltain osin urakoitsijan kilpailutuksen aikana. Haastattelujen perusteella edellä mainittuja ongelmia on joissain kokonaisurakoissa pyritty vähentämään siten, että urakoitsijan valinnan jälkeen on pidetty tilaisuus, jossa konsultti on esitellyt suunnitelmaa ja siinä tehtyjä ratkaisuja urakoitsijalle. Tällöin on saavutettu parempi yhteisymmärrys suunnitelmien toteuttamisesta ja tilaisuudesta aiheutuneet kulut on saatu takaisin moninkertaisina hyötyinä suunnitteluratkaisujen parempana ymmärtämisenä ja aikasäästöinä rakentamisen aikana.

ST-urakka ja elinkaarimalli nähtiin suunnittelun- ja rakentamisen aikaisilta toimintamalleiltaan hyvin samankaltaisiksi. Niissä koettiin hyvänä asiana se, että urakoitsija ja suunnittelija voivat keskenään sopia tarpeelliset mallinnettavat asiat toteutusta varten, jolloin tehdään juuri niitä asioita, joita tarvitaan ja tehokkuus paranee. Lisäksi urakkamuodoissa, joissa toteuttaja on mukana alusta asti, voidaan suunnitelmia ja malleja tuottaa siten, että priorisoidaan rakentamisen etenemisen tai työvaiheistuksen kannalta keskeisiä osia. Kuitenkin kireän aikataulun vuoksi näiden urakkamuotojen koneohjausmallien mahdollisten virheiden korjaaminen on yleensä hoidettu työmaalla urakoitsijan toimesta. Vaikka virheitä korjattaisiin

työmaalla, koettiin tärkeäksi, että niistä ilmoitetaan suunnittelijalle, jotta samat virheet eivät toistuisi ja toimintatapoja voitaisiin kehittää paremmiksi.

Allianssimalli nähtiin kaikkein parhaimmaksi urakkamuodoksi hankkeen eri osapuolten hyvän ja välittömän yhteistyön takia. Erityisen hyödyllisenä koettiin Big Room -työskentely, jossa kaikki hankkeen osapuolet ovat samassa työtilassa ja asioista voidaan keskustella välittömästi kaikkien osapuolten kannalta parhaan ratkaisun löytämiseksi. Allianssimallilla toteutetussa hankkeessa mukana olleet olivat saattaneet suhtautua siihen aluksi epäilevästi, mutta hankkeen etenemisen myötä havainneet selkeät edut toimintatavoissa ja yhteistyössä.

Tietomallintamisen pisteytyksen ja tarkkuuden määrittelyn katsottiin olevan keskeisessä asemassa hankinta-asiakirjoissa. Hankinta-asiakirjojen tietomalliosuuden laadun ja kattavuuden sekä hankintaa tekevän organisaation tietomalliosaamisen merkityksen katsottiin korostuvan entisestään tulevien vuosien aikana.

Tietomallipohjaisen rakennussuunnitelman eduksi nähtiin inhimillisen virheen mahdollisuuden huomattava vähentyminen. Lisäksi huomautettiin, että virheiden havaitseminen ja niiden korjaaminen on huomattavasti helpompaa ja halvempaa suunnitteluvaiheessa kuin rakentamisen aikana. Suunnitelmamallien mahdollistamat rakenteiden yhteensopivuustarkastelut koettiin varsin hyödyllisinä.

6. Mitkä ovat kokemuksenne IFC- ja LandXML-standardeista sekä IFC- ja Inframodel-tiedonsiirrosta? Onko toinen mielestänne parempi tai käytettävämpi kuin toinen ja miksi niin?

LandXML-standardiin perustuva Inframodel-tiedonsiirtoformaatti nähtiin erityisesti rakentamisen kannalta huomattavasti paremmaksi formaatiksi kuin IFC. IFC-formaatissa oleva aineisto on usein paikalliskoordinaatistossa, joten siitä ei saada mittauksen kannalta keskeisiä tietoja toisin kuin Inframodel-formaatissa olevasta aineistosta. IFC-standardi ja -formaatti koettiin enemmän taitorakenteiden kuin infrarakenteiden formaatiksi. Inframodel4-formaatin myötä laajentuvat ominaisuustiedot ovat haastattelujen perusteella erittäin tervetulleet lisäykset. Lisäksi Inframodel-muotoisen aineiston laadun katsottiin parantuneen ja sen muuttuneen huomattavasti käyttökelpoisemmaksi viime vuosien aikana. Kuitenkin mallintamisen täydellisen tarkkuustason esittäminen Inframodel-muotoisessa aineistossa katsottiin olevan hankalaa Inframodel4-formaatista huolimatta. Ominaisuustietoja tarvittaisi vielä paljon lisää.

"Kun kysytään, että käytetäänkö IFC:tä, niin kaunis vastaus on, että kyllä, mutta tosiasiasa joudutaan tekemään viisi muunnosta, jotta siitä saadaan edes [taite]viivat."

Suunnittelussa sekä IFC että Inframodel koettiin toimiviksi formaateiksi siinä mielessä, että niitä saadaan luettua ohjelmiin melko hyvin sisään. IFC-mallien nähtiin helpottavan taitorakenteiden, erityisesti siltojen, ja väylärakenteiden yhteensovittamista. Harmillisena kuitenkin koettiin, että ne ovat suunnitteluohjelmissa pelkkänä referenssitietona. Eli niitä voidaan käyttää visuaaliseen tarkasteluun, mutta niistä saa huonosti tietoa irti.

Kansainvälisenä standardina IFC nähtiin tulevaisuuden formaatiksi myös infran osalta, mutta sen laajempaan käyttöönottoon arvioitiin menevän vielä pitkä aika. Inframodel sen sijaan on kansallinen formaatti, eikä Suomen markkinoita katsottu riittävän suuriksi, jotta Inframodelilla olisi pitkällä aikavälillä mahdollisuuksia haastaa IFC:tä.

7. Tulisiko jotain rakennussuunnitelman perustiedoissa (R1) esitettyjä asioita mallintaa? Miten niitä voitaisiin mallintaa, jotta ne palvelisivat tarkoitusta mahdollisimman hyvin? (Esim. riskienhallintasuunnitelma, turvallisuus selvitys, ympäristön seurantaohjelma jne.)

Riskikartoituksessa havaittujen riskien esittämistä suunnitelmamallissa pidettiin pääosin hyvänä ajatuksena, koska se mahdollistaisi vaativille kohteille erityisen huomion. Parhaaksi esitystavaksi koettiin joko aluerajaus tai huomio-objekti, jonka ominaisuustietona olisi riskienhallintasuunnitelma tai linkki siihen tarkemman kuvauksen saamiseksi. Erityisesti paikkatietosidonnaisten riskien ja muiden kohteiden esittäminen suunnitelmamallissa koettiin hyvänä ratkaisuna. Kaikkia riskejä mallissa ei kuitenkaan kannattaisi esittää, vaan olisi hyvä keskittyä korkeiksi luokiteltuihin riskeihin, kuten luokkiin 4 ja 5. Toisaalta mainittiin, että kaikkia dokumentteja ei tarvitse ehdoin tahdoin esittää suunnitelmamallissa, vaan ne voivat olla hyvin tekstimuotoisia dokumentteja suunnitelmamallin liitteinä tai linkkeinä aineistopalveluun. Erityisesti dokumentit, joiden sisältöä ei voida selvästi esittää paikkatietopohjaisesti, tulisi sisällyttää liiteaineistoon.

"Tiedon ei ole välttämätöntä olla mallissa, mutta mallin kautta olisi hyvä vähintään päästä käsiksi tietoon."

Tarpeelliset ja paikkatietosidonnaiset lupapäätökset, kuten vesilupa-asiakirjat voisi haastattelujen perusteella liittää suunnitelmamalliin. Myös suunnitelmamallin näkymien tai siitä otettujen videoiden tai simulaatioiden ajateltiin olevan hyödyllisiä dokumenteissa esitettävien asioiden havainnollistamiseen ja siten niiden ymmärtämiseen. Maanomistajatietojen esittäminen suunnitelmamallissa nähtiin hyödyllisenä mahdollisten pienten suunnitelma-muutosten tai työaikaisten ratkaisujen hyväksyttämiseen maanomistajalla. Niiden esittämisen voisi toteuttaa esimerkiksi ylimmälle pinnalle sijoitettuna aineistona ja niiden hakeminen voisi tapahtua rajapintana jonkin aineistopalvelun kautta. Kuitenkin huomautettiin, että tietoturva-asioiden ja yksityisyyden suojan alaisten tietojen käsittelyssä on oltava huolellinen ja noudatettava niistä annettuja voimassa olevia ohjeita, säädöksiä ja lakeja. Lisäksi suunnitelmamallin hyväksyminen saattaa vaatia muutoksia nykyiseen lainsäädäntöön, koska se ei tunne mallia dokumenttina, vaan paperiset ja pdf-muotoiset dokumentit ovat tällä hetkellä juridisesti sitovia.

8. Tie- ja maarakenteet

Mihin asioihin detaljipiirustuksia vastaavissa mallin osissa tulisi kiinnittää erityistä huomiota? (Esim. liittymät, siirtymä rakenteet, kaivannot jne.)

Mitä kehitettävää mallien tai objektien ominaisuustiedoissa, tiedonsiirtoformaateissa tai ohjelmistoissa on ko. tekniikkalajin osalta? Onko mielestänne kyseisen tekniikkalajin kohteiden mallinnustarkkuus riittävä?

Liittymien mallintamisen osalta haastatteluissa tuotiin esiin, että nykyinen YIV-ohjeistus sallii väylien liitoskohdissa metrin raon, koska suunnitteluohjelmat toimivat väyläkohtaisesti. Tällöin tulisi kuitenkin muistaa, että kyseisellä metrin raolla tarkoitetaan vain pituus-suuntaista siirtymää. Esimerkiksi rakennekerroksissa, liittymäkaarissa tai muissa vastaavissa kohteissa ei voi olla pystysuuntaista eroa, vaan niiden tulee liittyä toisiinsa kuin rakoa ei olisikaan.

Haastattelujen perusteella liittymän tasauspiirustuksessa esitettäviin seikkoihin tulisi kiinnittää huomiota suunnittelussa ja mallintamisessa. Tasauspiirustuksen avulla voidaan varmistua kuivatuksen toimivuudesta liittymäalueella niin, ettei alueelle jää syvennyksiä, joihin vettä kertyisi. Viettoviivat tulisi mallintaa koko liittymän alueelta riittävän tiheästi, jotta kuivatuksen tarkastaminen onnistuu luotettavasti. Lisäksi erilaisten geometrialinjojen, kuten reunakivilinjojen ylä- ja alareunan oikeaan koodaukseen sekä niiden yhteensopivuustarkasteluun tulisi kiinnittää nykyistä enemmän huomiota. Liittymäalueiden mallintamisesta on käynnissä KIRA-digi-hanke: *"Kustannustehokkuuden ja laatuvaatimusten optimointi kadun liittymäalueiden mallinnuksessa"*.

Väylärakenteiden liittäminen toisiinsa sekä liittymä- ja risteysalueiden mallintaminen nähtiin suunnittelun kannalta haasteellisena tällä hetkellä. Erityisesti väyläkohtaisuuden takia saumattomaan yhteensovitukseen ei varmaan päästä vielä hetkeen. Koettiin kuitenkin tärkeänä, että suunnittelija tekisi yhteensovittamisen ja yhdistämisen, jotta suunnitteluratkaisu välittyisi eteenpäin suunnittelijan ajattelemalla tavalla, eikä siihen jäisi tulkinnanvaraa. Työkalujen ja käytäntöjen nähtiin toistaiseksi rajoittavan toimintaa sekä ohjeistuksenkin jossain määrin. Niissä olisi vielä kehitettävää, jotta tältä osin päästäisi parempaan lopputulokseen.

Siirtymäkiilat koettiin hankaliksi niiden epävarman sijainnin takia. Tosin tämän ymmärrettiin johtuvan pohjatutkimustuloksiin perustuvasta kalliopintamallista, joka ei ole absoluuttisen tarkka. Muuten siirtymärakenteiden osalta hankaliksi ja erityistä huomiota vaativiksi kohteiksi mainittiin väylien liitoskohdat, rampit, siltojen ja tunneleiden siirtymärakenteet sekä rumpujen ja muiden putkien siirtymärakenteet. Lisäksi kaivattiin yksityiskohtaisempaa ohjeistusta siitä, kuinka paljon toteutetun siirtymärakenteen pitää poiketa suunnitellusta, jotta se pitää päivittää suunnitelmaan.

Kaivantojen osalta erityistä huomiota tulisi kiinnittää luiskakaltevuuksien ja kaivannon leveyden oikeellisuuteen. Ne tulee suunnitella Infrarakentamisen yleisten laatuvaatimusten (InfraRYL) mukaan, joita noudatetaan myös urakoinnissa. Kaivantojen risteämiskohdissa mallintamisessa tulisi ottaa huomioon taiteviivojen ja kolmiopintojen jatkuvuus. Eli viivat ja pinnat tulisi yhteensovittaa risteämiskohdissa, eikä tehdä niin, että toinen kaivanto vedetään läpi ja toinen katkaistaan. Selkeän ja yksiselitteisen kaivantojen mallinnusohjeen laatiminen katsottiin tarpeelliseksi.

Yleisesti detaljikohteissa yhteensovitus katsottiin tärkeäksi. Mallinnustarkkuuden nähtiin olevan riittävä, kun kohteet mallinnetaan ohjeiden mukaan. Mallien oikeellisuus ja laadunvarmistus korostuvat, koska mahdollisten virheiden korjaaminen on rakentamisvaiheessa huomattavasti hankalampaa ja kalliimpaa kuin suunnittelussa. Detaljipiirustukset ovat tähän asti toimineet toteutusmallien laadinnan ja tarkastamisen perustana liittymien ja muiden vastaavien kohteiden osalta, joten niiden tarkkuus ja oikeellisuus ovat merkittävässä roolissa.

"Rakennussuunnitelmaan tehtävä detaljipiirustus jo itsessään kertoo, että siihen pitäisi kiinnittää erityistä huomiota."

Haastatteluiden perusteella olisi käytännöllistä, jos mittalinjan attribuutteina voitaisiin esittää väylän pituusmittaan, eli paalutukseen sidottavia seikkoja, kuten kuormitusluokan, rakennetyypin, sivukaltevuuden ja muiden vastaavien pituusleikkauksessa esitettävien asioiden tiedot. Olisi myös hyvä, että suunnitelmamallin katseluohjelmasta voitaisiin tulostaa väylän pituusleikkaus mittalinjaan sidottujen sekä suunnitelmamallissa muuten esitettyjen objektien avulla.

Rajatietojen, kuten tie- ja liikennealueiden sekä kaava-alueiden rajojen parempaa visualisointia toivottiin, jotta ne erottuisivat selvästi. Myös tietaidekohteiden ja erityisesti niiden perusrakenteiden mallintamista toivottiin, jos ne sijaitsevat kiertoliittymien keskiosassa tai muuten tiealueella merkittävässä kohdissa. Tulevaisuudessa tiekaiteiden tarkempi mallintaminen katsottiin tarpeelliseksi yhteensovituksen kannalta. Kaiteiden pylväät, niiden perusrakenteet ja pylväsjako ynnä muut vastaavat seikat olisi hyvä esittää mallissa. Haastattelussa mainittiin myös, että suunnitelmamallissa on hyvä esittää kohteita 3D-objekteina, jotta yhteensovitus voidaan tehdä, mutta toimitettavan aineiston osalta taiteviivat, kolmiopinnat ja pistetiedot ovat tarkoitukseen paremmin soveltuvia. Toimitettavan aineiston minimivaatimusten laatiminen nähtiin tarpeellisena.

9. Pohjarakennus

Tulisiko pohjatutkimustiedot esittää mallissa? Jos esitetään, niin miten ja millä tarkkuudella?

Mitä kehitettävää mallien tai objektien ominaisuustiedoissa, tiedonsiirtoformaateissa tai ohjelmistoissa on ko. tekniikkalajin osalta? Onko mielestänne kyseisen tekniikkalajin kohteiden mallinnustarkkuus riittävä?

Pohjatutkimustietojen esittäminen suunnitelmamallissa koettiin haastatteluissa yleisesti erittäin tärkeäksi sekä niiden sisältämä tieto varsin hyödylliseksi. Nähtiin, että rakennussuunnitelman tarkastamista varten pohjatutkimustietojen tulee sisältyä suunnitelmamalliin. Nykyisin käytössä oleva kairausdiagrammi koettiin hyväksi esitystavaksi, koska se on laajalti ymmärretty ja sitä osataan tulkita hyvin.

Toteutus- ja toteumamallien osalta haastatteluissa mainittiin hankaluutena, että pintatunnuksille ei ole toistaiseksi määritelty suunnitellun pinnan ja toteutetun pinnan osalta erillisiä tunnuksia. Tällä hetkellä ne joudutaan koodaamaan samalle tunnukselle, jolloin ei ole yksiselitteistä, että kummasta on kyse. Keskeisenä seikkana nähtiin, että suunnitellun aineiston ja toteumatiedon vertailu onnistuu. Pohjatutkimusten sisällyttämistä toteutusmalliin ei nähty pakollisena, mutta vähimmäisvaatimuksena olisi niiden sisällyttäminen toimitettavaan aineistoon. Lisäksi rakentamisen aikana tehtyjen pohjatutkimuksien, kallion luokitusten ja muiden vastaavien toimenpiteiden arvioitiin olevan hyödyllistä tietoa kunnossapitovaiheeseen (elinkaariajattelu).

Pohjatutkimustietojen esittäminen mallissa sekä niiden tarkkuustaso on tällä hetkellä määritetty sovittavaksi hankekohtaisesti. Pohjatutkimustietojen nähtiin kuitenkin olevan tärkeitä sekä niin sanottua perusasiaa, joten niiden esittäminen suunnitelmamallissa tulisi olla pakollista. Myös tarkkuustaso pitäisi määritellä tarkemmin kuin hankekohtaisena. Sen sijaan erikoistutkimusten osalta hankekohtainen mallintaminen ja tarkkuustaso nähtiin sopiviksi, koska ne saattavat vaihdella paljon ja niitä on harvassa hankkeessa. Nykyisin käytetty Infra-pohjatutkimusformaatti koettiin riittävänä tietojen tallentamiseen ja siirtämiseen. Inframodel4-formaatin nähtiin tuovan parannuksia laajempien ominaisuustietojen tarpeeseen erityisesti stabiloinnin osalta. Pilaristabiloinnista on käynnissä KIRA-digi -hanke: *"Pilaristabiloinnin tietomallipohjaisen suunnitelman siirto työkoneseen"*.

Haastatteluissa mainittiin myös, että pitäisi siirtyä mahdollisimman laajasti yleisten ja avointen standardien ja formaattien käyttöön, jolloin aineistojen lukeminen eri ohjelmistoihin ja niiden tulkinta ohjelmistoissa olisi mahdollisimman yhtenäistä.

10. Vesien hallinta

Miten ja millä tarkkuudella pinta- ja pohjavedet tulisi esittää mallissa?

Millä tarkkuudella putkijohtokaivannot ja niiden täytöt tulisi mallintaa?

Mitä kehitettävää mallien tai objektien ominaisuustiedoissa, tiedonsiirtoformaateissa tai ohjelmistoissa on ko. tekniikkalajin osalta? Onko mielestänne kyseisen tekniikkalajin kohteiden mallinnustarkkuus riittävä?

Pintavesien ja kuivatuksen osalta havainnollisuutta pidettiin keskeisenä seikkana haastattelussa. Kuivatuksen ja vesien johtamisen kokonaiskuva pitäisi saada helposti suunnitelma-mallista. Pintavesien järjestelyihin, kuten avo-ojiin olisi hyvä liittää valuman suuntanuolet likimain vastaavasti kuin kuivatuskartalla nykyisin esitetään. Esimerkiksi laskuojien kaltevuudet ovat usein niin pieniä (promilleja), että niitä ei välttämättä erota pelkkien mallinnet-tujen taiteviivojen ja pintojen avulla. Myös kuivatusjärjestelmiin, kuten rumpuihin ja vietto-viemäriin nähtiin tarpeellisenä esittää visuaalisesti virtaussuunta. Pintakuivatusjärjestely-jen esittäminen suunnitelmamallissa nähtiin väylien yhteydessä pintamalleihin sisällytettynä tai erillisinä tapauksina geometrioina sekä taiteviivoina ja pintamalleina (esim. laskuoja). Suuremmat, suunnittelun ja rakentamisen kannalta merkitykselliset vesistöt voitaisiin esittää pintana suunnitelmamallissa keskiveden (MW) korkeuden mukaan sekä asettaa kyseiselle pinnalle ominaisuustiedoksi vedenpinnan korkeuden vaihteluväli.

Haastatteluiden perusteella pohjavedet voitaisiin esittää suunnitelmamallissa niin ikään pin-tana, jolla on ominaisuustietona pinnan korkeuden vaihteluväli. Tällöin suunnitelmamallissa olisi kuitenkin hyvä esittää myös mahdolliset pohjavesiputket tai muu tieto siitä, mihin poh-javeden korkeus perustuu. Lisäksi koettiin, että pohjaveden pinta ja sen tiedot tulisi esittää suunnitelmassa aina, kun sillä on merkitystä suunnittelun, rakentamisen, ympäristönsuojelun tai muun vastaavan seikan takia. Haastatteluissa huomautettiin myös, että pohjaveden vai-kutukset täytyy ottaa huomioon rakentamisen aikana syvien kaivantojen osalta, joten niiden mallintaminen on merkityksellistä. Pohjaveden suojaus (bentoniittimatto) voitaisiin esittää suunnitelmamallissa pintana käyttäen sinistä tarkkuustasoa, koska sen paksuus ei ole niin suuri, että sillä olisi merkittävää vaikutusta. Lisäksi tällöin siitä saadaan koordinaattitiedot mittausta varten helpommin kuin tyyppipoikkileikkauksesta.

Putkijohtokaivantojen ja niiden täyttöjen mallintamisessa merkityksellisenä seikkana nähtiin eri kaivantojen (kaukolämpö, jätevesi, maakaasu jne.) mallintaminen omina erillisinä pin-toinaan. Tämän nähtiin helpottavan massalaskentaa sekä suunnitellun ja toteutuneen raken-teen vertailua. Putkijohtokaivantojen ja niiden täyttöjen mallinnustarkkuutta ihmeteltiin haastatteluissa paljon. Kyseenalaistettiin, että mitä tietoa täydellinen (vihreä) mallinnustark-kuus tuo lisää alempaan, siniseen tarkkuustasoon verrattuna tällä hetkellä. Tulevaisuudessa Inframodel4-formaatin myötä nähtiin, että kaivannosta pois kaivettavat massat voitaisiin esittää sinisellä tarkkuustasolla, joka sisältäisi vain vähän tai ei ollenkaan ominaisuustietoja. Sen sijaan kaivannon täytöt mallinnettaisiin vihreällä tarkkuustasolla ja niillä olisi ominai-suustietona materiaalitiedot. Kaivantoihin suunnitellut putket tulisi kuitenkin mallintaa vih-reää, täydellistä tarkkuustasoa noudattaen. Putken korkeusasema ilmoitetaan yleensä vesi-juoksuna eli sisähalkaisijan alimman pisteen mukaan. Siksi arinan kerrospaksuuteen aiheu-tuu usein virhettä ainakin putken materiaali- tai seinämäpaksuuden verran, jos sitä ei ole suunnittelussa otettu erikseen huomioon.

Vedenalaisten maaleikkausten ja -kaivantojen (Ro 1640) sekä pohjavedensuojausten (Ro 1423) mallinnustarkkuuden olisi hyvä olla sininen keltaisen sijaan. Haastatteluissa mainittiin myös, että KU-hankkeissa rumpujen mallinnustarkkuus voisi olla sininen vihreän sijaan, kun ei kuitenkaan tiedetä, mitä rumputyyppejä urakoitsija aikoo käyttää. Rumpujen esikohotuksen mallintamisesta näkemykset jakautuivat. Osa haastateltavista toivoi, että esikohotukset mallinnettaisiin suunnitelmaan, koska niistä olisi hyötyä rakentamisvaiheessa. Toiset taas kokivat sen enemmän urakoitsijan tehtäväksi, koska urakoitsija kuitenkin tekee lopullisen päätöksen rumputyypistä ja -materiaalista. Lisäksi haastatteluissa nostettiin esiin, että tarkempi mallinnustarkkuus vaatii aina enemmän resursseja suunnittelussa, mikä näkyy pidempinä suunnitteluajoina.

11. Johdot ja laitteet

Miten ja millä tarkkuudella johtosiirrot tulisi mallintaa?

Mitä kehitettävää mallien tai objektien ominaisuustiedoissa, tiedonsiirtoformaateissa tai ohjelmistoissa on ko. tekniikkalajin osalta? Onko mielestänne kyseisen tekniikkalajin kohteiden mallinnustarkkuus riittävä?

Haastattelujen perusteella putkijohtojen (vesi, viemäri, kaasu jne.) mallintaminen tulisi tehdä tarkasti käyttäen täydellistä tarkkuustasoa. Muiden putkien ja johtojen, kuten sähkö- ja telekaapelioiden mallintamisessa riittäisi xyz-taiteviiva tai putkipatterien tapauksessa tilavaraus. Korkotieto nähtiin tarpeellisenä maahan kaivettaville putkille ja johdoille aina, kun se on saatavilla luotettavasti. Ilmajohdot voitaisiin esittää pinnalle pudotettuina taiteviivoina sekä ominaisuustietona, että kyseessä on ilmajohdot. Mainittiin myös, että putki- ja johtotietojen tarkkuus vaikuttaa olennaisesti siihen, joudutaanko niitä siirtämään.

"Mitä epätarkempi johdon sijainti on, sitä todennäköisemmin sitä joudutaan siirtämään."

Putkipattereiden mallintamisessa parhaana tapana koettiin tilavaraus, koska suunnitteluvaiheessa ei vielä välttämättä ole tarkkaa tietoa siitä, että kuinka monta putkea ja johtoa patteriin tulee. Lisäksi tilavaraukselle voitaisiin esittää joko ominaisuustietona tai poikkileikkauskuvana johtojen sijoittuminen patterissa sekä mahdollisesti niiden omistajatieto. Tarkempaa kuvausta tai mallinnustarkkuutta voitaisiin käyttää hankekohtaisesti, jos se katsotaan tarpeelliseksi.

Haastatteluissa todettiin, että johtojen toteumatietojen ja mallintamisen toimintatavoissa ja ohjeistuksessa olisi kehitettävää valtakunnallisesti, jotta saataisiin laadukasta tietoa järjestelmiin ja rekistereihin yhtenäisessä muodossa. Ajantasainen tieto putkien ja johtojen statuksesta (esim. nykyinen, siirretty, hylätty, poistettu jne.) nähtiin myös hyödyllisenä monissa tilanteissa.

12. Tieympäristö

Tieympäristön kannalta suojeltavat kohteet ovat yleensä merkittäviä. Tulisiko niiden mallintamiseen ja mallinnustarkkuuteen kiinnittää erityistä huomiota?

Miten ja millä tarkkuudella kasvualustojen mallintaminen tulisi tehdä?

Mitä kehitettävää mallien tai objektien ominaisuustiedoissa, tiedonsiirtoformaateissa tai ohjelmistoissa on ko. tekniikkalajin osalta? Onko mielestänne kyseisen tekniikkalajin kohteiden mallinnustarkkuus riittävä?

Suojeltavien kohteiden mallinnustapa nähtiin haastatteluissa melko yksimielisesti aluerajauksena tai aitamaisena objektina sekä tarvittaessa pistetietona. Suuret tai merkittävät kohteet voitaisiin mallintaa tarkemminkin, jolloin niitä voidaan hyödyntää suunnitelmamallin lisäksi esittelymallissa. Toteutusmalliin nähtiin hyödylliseksi varoitus, vastaavasti kuin sähkökaapeleissa, jottei työskennellä tarpeettoman lähellä suojeltavia kohteita. Ympäristösuunnittelija voisi ottaa kantaa tarvittavaan suojaetäisyyteen jo suunnitteluvaiheessa. Kaupunkiympäristössä tärkeänä seikkana koettiin myös suojauksen pysyvyys, eli onko kyse tilapäisestä suojausratkaisusta vai rakennetaanko suojeltavalle kohteelle pysyvä suojarakenne. Tämän tieto voitaisiin esittää joko suunnitelmamallissa visuaalisesti tai ominaisuustietona.

Kasvualustojen mallintamisesta nousivat haastatteluissa esiin istutuksen pistetieto ja kasvualustan syvyystieto. Lisäksi yhteensovituksen kannalta 3D-objektia tai pintamallia pidettiin hyvänä esitystapana. Laajemmille metsitysalueille aluerajaus ominaisuustietoineen koettiin riittäväksi mallinnustavaksi. Eräänä näkemyksenä tuotiin esille ajatus siitä, että jos väyläympäristön suunnittelussa mennään enemmän objektikirjastojen käyttämiseen, voisi istutuksen kasvualusta olla liitettynä objektiin, jolloin sitä ei tarvitsisi erikseen mallintaa. Yksittäisten puiden mallintaminen koettiin kuitenkin hankekohtaisesti määritettävänä asiana ja tarkkuusvaatimuksissa pitäisi muistaa tarkoituksenmukaisuus. Lähinnä kaupunkiympäristöissä käytettävien kantavien kasvualustojen mallintaminen esitettiin tehtävän pintamallina, kuten kantava kerroskin, mutta sen tarkkuutena tulisi käyttää täydellistä mallinnustarkkuutta. Tämä tarkoittaa, että se mallinnettaisiin tarkasti ja siitä toimitettaisiin kaikki tarpeelliset ominaisuustiedot, jolloin sen rakentamiselle olisi parhaat edellytykset ja mahdollisilta painumilta välttyttäisiin. Väylien, meluvallien ja muiden vastaavien kohteiden pintamalleissa toivottiin jätettävän verhoilulle tai mullalle tilavaraus, jotta niitä ei tarvitsisi kaivaa ja täyttää moneen otteeseen työmaalla.

Kiveyksien, laatoitusten ja kivikorien osalta pintamalli nähtiin riittävänä tarkkuutena, mutta ominaisuustietoina olisi tällöin hyvä olla esimerkiksi ladontatyyppi ja kivien materiaalin tiedot. Ekologisten käytävien hyvänä mallinnustapana pidettiin aluerajauksia. Sen sijaan meluseinille ja -kaiteille geometrialinja sijoitettuna ylimmälle pinnalle nähtiin tarpeellisena esitystapana. Lisäksi haastatteluiden perusteella pintatunnuksia pitäisi käyttää enemmän ja mallinnettaville asioille tarvitaan laajemmin ominaisuustietoja. Parhaillaan käynnissä olevan selvityksen "*MaisemaBIM - Nimikkeistö ja mallinnustarkkuus*" arvioitiin edistävän tietomallipohjaisia toimintatapoja ympäristösuunnittelussa.

13. Massat ja määrät

Mitä haasteita näette mallipohjaisessa massa- ja määrälaskennassa?

Tulisiko massojen ja määrien mallintamisessa siirtyä tilavuusmalleihin? Mitä haasteita, hyötyjä tai haittoja näkisitte tilavuusmalleissa?

Mitä kehitettävää mallien tai objektien ominaisuustiedoissa, tiedonsiirtoformaateissa tai ohjelmistoissa on ko. tekniikkalajin osalta? Onko mielestänne kyseisen tekniikkalajin kohteiden mallinnustarkkuus riittävä?

Mallipohjaisen massa- ja määrälaskennan haasteena nähtiin muun muassa se, että mallit tuotetaan tiettyjen ohjeiden (YIV, Inframalliohje) mukaan ja määrälaskennat tehdään Infra 2015 Rakennusosa- ja hankenimikkeistön Määramittausohjeen mukaan. Tarvitaan yhteneväisyyttä, jotta voidaan varmistua laskentatavan ja siten myös määrien oikeellisuudesta. Lisäksi useassa haastattelussa kävi ilmi, että kalliomassojen laskennan tulokset ovat epäluotettavia, koska kalliopintamalli, johon laskenta perustuu, muodostetaan pääasiassa pohjatutkimustietojen avulla. Toki ymmärrettiin myös, ettei ole kustannustehokasta tehdä pohjatutkimuksia kovin tiheästi, ellei se jostain syystä ole aivan välttämätöntä.

Väylämalleissa laskentaongelmia ovat aiheuttaneet rinnakkaiset väylät, jos pintamalleja ei ole katkaistu toisiinsa. Pällekkäiset pinnat aiheuttavat virhettä määrissä. Virheitä on esiintynyt lähinnä alimman ja ylimmän yhdistelmäpinnan yhteensovituksissa rinnakkaisten väylien kohdilla. Lisäksi mainittiin, että mallipohjaisessa massa- ja määrälaskennassa on vaikeampi kontrolloida tarkkuutta ja oikeellisuutta eikä virheiden havaitseminen ole yhtä helppoa kuin poikkileikkauspohjaisessa tavassa. Laskennan tarkastamisen pitäisi olla mahdollista laskentatavasta riippumatta.

Haastatteluissa kävi myös ilmi, että massa- ja määrätietojen pitäisi olla vaivattomammin siirrettävissä kustannuslaskentaohjelmiin. Tällä hetkellä ongelmana on tiedon liiallinen käsin syöttäminen järjestelmiin, mihin kuluu paljon aikaa. Pitäisi siirtyä automaattisempiin toimintatapoihin tai rajapintoihin, joiden avulla määrätiedolle saataisiin hinta sujuvammin. Osa tiedoista on varmasti sellaisia, joita joudutaan tulevaisuudessakin syöttämään käsin, mutta valtaosan tiedoista pitäisi siirtyä kustannuslaskentaohjelmiin automaattisemmin kuin nykyään. Toisaalta tällöin mallintamisen ja laskennan määrittelyjen tulee olla oikeat, jotta määrätieto saadaan oikein. Esimerkiksi viemäriputken pituuden tulee alkaa ja päättyä kaivon ulkoreunaan, ei sen halkaisijan keskipisteeseen. Aiheesta on käynnissä KIRA-digi -hanke: *"Kustannustiedon ja tietomallipohjaisten infrasuunnitelmien yhteensovittaminen"*.

Haastatteluissa esitettiin näkemys, että standardoitujen tuotteiden osalta olisi jo suunnitteluvaiheessa mahdollista siirtyä tuotekirjastoihin, jolloin suunnitelmiin saataisiin todellisia objekteja. Esimerkkinä mainittiin vesihuoltojärjestelmien EK-järjestelmä. Lisäksi useassa haastattelussa mainittiin, että rakennussuunnittelussa luetteloitavien asioiden esittämisessä voitaisiin siirtyä automaattiseen luettelointiin, jolloin erikseen laadittuja luetteloita ei tarvitsisi toimittaa. Luetteloitavat asiat (esim. rumpu) koodattaisiin suunnitelmamalliin oikein sekä niille annettaisiin tarvittavat ominaisuustiedot, minkä jälkeen niitä voitaisiin koodauksen perusteella luetteloida esimerkiksi koko suunnittelualueelta tai käyttäjän valitsemalla rajauksella. Tällöin välttyttäisiin luettelon täyttämisen yhteydessä tapahtuvalta mahdolliselta inhimilliseltä virheeltä ja siten aineisto olisi laadukkaampaa. Automaattisen luetteloinnin haasteena nähtiin kuitenkin vaihtoehtojen ratkaisujen esittäminen ja niiden erottaminen toisistaan.

Tilavuusmallien arvioitiin olevan hyödyllisiä erityisesti väylän rakennekerroksien ja päällysteiden osalta, massansiirto- ja massataloussuunnittelussa sekä mahdollisesti urakoiden tarjouslaskennassa. Lisäksi koettiin, että tilavuusmalleja pitäisi pystyä pilkkomaan pienempiin osakokonaisuuksiin esimerkiksi paalukohtaisten massataulukkojen tapaan tai käyttäjän määrittämällä paalu- tai etäisyysvälillä. Tilavuusmallien luomisen ja niiden pilkkomisen tulisi olla mahdollisimman pitkälle automatisoituja, ettei se vaatisi paljon manuaalista työtä ja siten myös aikaa. Tilavuusmallit nähtiin yhtenä mahdollisena ratkaisuna yllä mainittuun ongelmaan väylien pintamallien päällekkäisyydestä, kun viiva- ja pintamalleja ei olisi välttä-

mätöntä käyttää. Kuitenkin tilavuusmallien haasteina nähtiin kallioleikkauskohdat ja louherakenteet kalliopintamallin epävarmuuksien takia, väylärakenteen muutoskohdat ja siirtymärakenteet, osaaminen ja työkalut toistaiseksi sekä oikeellisuuden tarkastaminen.

Tiedonsiirtoformaattien kehityksessä toivottiin massa- ja määrätietojen siirtämisen mahdollistamista. Inframodel4-formaatin mukanaan tuomat mahdollisuudet materiaalitietojen siirtämiseen koettiin hyödyllisinä. Haastatteluissa mainittiin myös, että nykyisten suunnitteluohjelmien tulisi mahdollistaa liittymäalueiden suunnittelu ja mallintaminen aukottomasti, jottei liittymien kohdilta tulisi vääristymiä massa- ja määrälaskelmiin. Tilavuusmalleihin siirtyminen nähtiin mahdollisena, jos infran osalta ollaan siirtymässä IFC-standardin ja -tiedonsiirron käyttöön, mutta Inframodeliin sen lisäämistä ei nähty järkevänä ratkaisuna. Tilavuusmallien käyttö nähtiin enemmän erikseen sovittavana mahdollisuutena tai hankekohtaisesti hyödynnettävänä kuin yleisenä vaatimuksena. Lisäksi mainittiin, että silloin, kun läjitysalueet vaaditaan kerroksittain rakennettaviksi, tulisi mallinnustarkkuuden olla vähintään sininen tai mahdollisesti jopa vihreä.

14. Sillat ja tunnelit

Miten ja millä tarkkuudella tietomallipohjaisessa suunnitelmassa tulisi käsitellä siltojen ja tunneleiden liittyminen tie- ja maarakenteisiin?

Haastattelujen perusteella sillat ja tunnelit pitää sovittaa tie- ja maarakenteisiin täysin aukottomasti. Myös alittavan väylän sovittaminen sillan rakenteiden kanssa tulee tehdä täydellisesti. Tärkeimpinä seikkoina nousivat esiin sillan keilat, siirtymälaatat ja siipimuurit. Eräänä ajatuksena nähtiin, että siltasuunnittelija voisi toimittaa väyläsuunnittelijalle esimerkiksi tilavarausmallin sillan anturoista ja muista vastaavista kohteista, jotka mallinnetaan myös väylämalliin. Mallintamisessa olisi hyvä ottaa huomioon myös IFC-mallin rajallinen hyödynnettävyys koneohjauksikäytössä, eli koneohjauksen avulla tehtävien työsuoritusten tulisi sisältyä väylämalliin.

Eri suunnittelijoiden ja tekniikkalajien välinen yhteistyö, toimintatavat ja ohjeistus korostuvat yhteensovittamisessa. Useampi haastateltava toivoi yhteistä ja yleistä ohjeistusta taitorakenteiden ja väylärakenteiden yhteensovittamiseen. Ohjeeseen kaivattiin myös pelivaraa poikkeaville menettelytavoille, kunhan ne dokumentoidaan asianmukaisesti. Lisäksi olisi tarpeen määritellä massa- ja määrälaskennan rajaukset tunneleiden ja siltojen liittyessä väylärakenteisiin.

15. Muut taitorakenteet

Mitä kehitettävää mallien tai objektien ominaisuustiedoissa, tiedonsiirtoformaateissa tai ohjelmistoissa on ko. tekniikkalajin osalta? Onko mielestänne kyseisen tekniikkalajin kohteiden mallinnustarkkuus riittävä?

Kaidelinjojen nykyinen esitystapa mallissa on yleensä geometrialinja tai taiteviiva tietystä kaiteen osasta pudotettuna sille pinnalle, jolle kaide tulee (esim. ylin yhdistelmäpinta). Kaiteilla on kuitenkin lähes poikkeuksetta myös kyseisen pinnan alapuolelle sijoitettavia rakenteita, joten linja tai viiva koettiin esitystapana hieman hankalaksi esimerkiksi yhteensopivuustarkasteluissa. Haastatteluissa mainittiin, että pitäisi käydä keskustelua siitä, mallinnettaitanko kaidelinjat suunnitelmamalliin objektina (visuaalisuus) ja sitten yksinkertaistetaan niitä toteutusmallia varten, kun siihen niistä ei kuitenkaan kaikkia tietoja tarvita.

IFC-mallit koettiin hankaliksi toteutusvaiheen mittauksessa, koska niistä on vaikea saada tarvittavia koordinaattitietoja pisteinä tai taiteviivoina. Lisäksi IFC-malleissa paalulaattojen ja paalujen osalta ongelmallisena nähtiin paalujen numeron tai ID:n tiedon häviäminen tiedonsiirrossa.

Paalulaattojen, tukimuurien ja portaiden osalta täydellisen mallinnustarkkuuden ja toiseksi kattavimman sinisen tarkkuustason välinen ero nähtiin epäselvänä. Kysyttiin, mitä täydellinen tarkkuustaso tuo lisää edelliseen verrattuna? Eräänä ajatuksena nousivat esiin laajemmat ominaisuustiedot. Joka tapauksessa kahden korkeimman tarkkuustason välistä eroa tulisi määritellä ja kuvata tarkemmin ja kattavammin muiden taitorakenteiden kohdalla.

16. Valaistus

Mitä kehitettävää mallien tai objektien ominaisuustiedoissa, tiedonsiirtoformaateissa tai ohjelmistoissa on ko. tekniikkalajin osalta? Onko mielestänne kyseisen tekniikkalajin kohteiden mallinnustarkkuus riittävä?

Valaisinpylvään jalustan xyz-koordinaattitieto nähtiin tarpeelliseksi rakentamisessa. Lisäksi mainittiin, että minimivaatimuksena voisi olla kyseinen pistetieto jalustan yläpinnasta, koska se pysyy usein muuttumattomana, vaikka jalustatyyppi vaihtuisi. Valaisinpylvään jalustan mallintamisesta esitettiin kahta eri näkemystä. Pääosin koettiin, että jalustan mallintaminen vähintään tilavarauksena on erittäin tärkeää yhteensovituksen kannalta, joka on mallintamisen yksi keskeisistä hyödyistä. Toisaalta hankkeissa on usein huomattava määrä valaisinpylväitä ja niiden jalustoja. Tällöin riskinä on, että jalustatyypin vaihtuessa niiden päivittämiseen tai uudelleenmallintamiseen kuluu runsaasti aikaa, jos mallinnusprosessia ei saada jotenkin automatisoitua.

Luetteloitavien asioiden, kuten valaisinpylväiden suhteen hyväksi tavaksi koettiin automaattinen luettelointi koodatuille objekteille malliohjelmasta paikka- ja ominaisuustietoineen. Hyödyllisenä nähtiin myös, että käyttäjä voisi itse valita luetteloitavat ominaisuudet ja tiedot sekä käyttää tarvittaessa esimerkiksi aluerajausta luetteloitavien asioiden rajaamiseen tiettylle alueelle tai hankkeen osalle.

Haastatteluissa kävi ilmi, että valaistuksen, liikenteen ohjauksen ja telematiikan tekniikkalajien suunnittelijoilla ja konsulttiyrityksillä ei ole vielä valmiuksia toteuttaa mallintamista ohjeiden mukaan, mikä puolestaan saattaa näkyä tekniikkalajien välisinä yhteensopivuusongelmina. Lisäksi haasteena kyseisten tekniikkalajien osalta koettiin se, että suunnittelua päästään tekemään yleensä vasta väyläsuunnittelun valmiusasteen ollessa riittävä, mikä puolestaan aiheuttaa aikataulupaineita. Monipuolisempi ominaisuustietojen määrittely ja hyödyntäminen nähtiin tarpeellisenä sekä ohjeistukseen kaivattiin laajennuksia ja tarkennuksia yllä mainittujen tekniikkalajien osalta.

17. Kiinteä liikenteen ohjaus

Mitä kehitettävää mallien tai objektien ominaisuustiedoissa, tiedonsiirtoformaateissa tai ohjelmistoissa on ko. tekniikkalajin osalta? Onko mielestänne kyseisen tekniikkalajin kohteiden mallinnustarkkuus riittävä?

Liikenteen ohjauksen liikennemerkkien, opastustaulujen ynnä muiden vastaavien kohteiden jalustojen mallintamisesta esitettiin samat näkemykset kuin valaistuksen osalta. Myös luetteloinnista koodauksen, paikka- ja ominaisuustietojen ja aluerajauksen suhteen jaettiin samat näkemykset kuin valaistuksessa.

Tiimerkinnöissä viivamainen objekti ominaisuustietoineen koettiin hyväksi tavaksi esittää asia mallissa. Näin tiimerkinnöissä ja ajoratamaalauksissa voitaisiin siirtyä ainakin osittain työkoneautomaation käyttöön.

Liikennemerkkien ja opastustaulujen hankaluutena perinteisissä suunnitelmissa koettiin niiden sekava esitystapa kartalla, jos niitä on paljon. Lukuisat tarkentaviin tietoihin johtavat viiksiviivat karttapiirustuksessa saattavat aiheuttaa hämmennystä ja sekaannusta. Haastatte- luissa kävi selvästi ilmi, että liikennemerkki olisi hyvä mallintaa riittäväillä paikka- ja ominai- suustiedoilla, jotka palvelisivat toteutusvaihetta sekä toteumatietoja ja -mallia.

18. Liikennevalo-ohjaus

Mitä kehitettävää mallien tai objektien ominaisuustiedoissa, tiedonsiirtoformaateissa tai ohjelmistoissa on ko. tekniikkalajin osalta? Onko mielestänne kyseisen tekniikkalajin kohteiden mallinnustarkkuus riittävä?

Liikennevalo-ohjauksen jalustojen ja pylväiden mallintamisen sekä luetteloitavien asioiden luetteloinnin katsottiin järjestyvän parhaiten vastaavalla tavalla kuin valaistuksen ja kiinteän liikenteen ohjauksen osalta. Jalustan ja pylvään mallintaminen koettiin tärkeänä yhteensovi- tuksen kannalta, mutta valo-ohjauksen tunnistimien ja silmukoiden mallintamista ei katsottu välttämättömäksi, vaan ne voisi esittää joko piirustuksena mallin liitteenä tai pistetietona.

19. Telematiikka

Mitä kehitettävää mallien tai objektien ominaisuustiedoissa, tiedonsiirtoformaateissa tai ohjelmistoissa on ko. tekniikkalajin osalta? Onko mielestänne kyseisen tekniikkalajin kohteiden mallinnustarkkuus riittävä?

Telematiikassa katsottiin kehitettävänä sekä yhteisiä käytäntöjä ja toimintatapoja vaativina asioina niin ikään jalustojen ja perustusrakenteiden mallinnuskäytännöt ja minimivaatimus- ten laatiminen. Myös luettelointiin toivottiin samalla tavalla automatiikkaa kuin valaistuk- sen, kiinteän liikenteen ohjauksen ja liikennevalo-ohjauksen osalta.

Erillistä huomiota toivottiin kiinnitettävän kaiteilla suojattavien kohteiden mallintamiseen, koska ne ovat yleensä merkittäviä kohteita tai rakenteita. Lisäksi esitettiin, että telematiikan kaivot mallinnettaisiin vastaavasti kuin vesihuollon kaivot mallinnetaan, jotta niiden yhteen- sopivuudesta muiden rakenteiden kanssa voidaan varmistua.

20. Tuleeko vielä jotain mieleen? Jäikö mielestänne jotain olennaista käsittelemättä?

Yhdistelmämallin katsottiin olevan hyvä työkalu suunnitelmien yhteensovittamiseen. Ny- kyisen rakennussuunnitelman sisältö- ja esitystapaohjeen mukainen yhteensovituspiirustus nähtiin varsin epäselvänä. Yhdistelmämallin katsottiin olevan huomattavasti havainnolli- sempi.

Tietomallintamisen ohjeistuksesta puuttuvat toistaiseksi imujätejärjestelmät kokonaan. Niiden määrittelylle olisi tarvetta, koska niitä esiintyy erityisesti kaupunkiympäristössä olevissa hankkeissa.

Katsottiin, että dokumentaation, kuten tietomalliselostuksen tulisi olla mallista riippumatta niin selvä, että hankkeen ulkopuolinen henkilö pystyy tulkitsemaan sitä oikein ja ymmärtämään sen pääasiallisen sisällön. Tällaista toimintamallia ehdotettiin esimerkiksi tietomalliselostuksen yhdeksi tarkastuskeinoksi. Lisäksi nähtiin, että tietomalliohjeissa ja tietomallintamisen käytännöissä sekä nimikkeistöissä olisi vielä kehitettävää, jotta suunnittelun ja rakentamisen prosessit saadaan optimaalisiksi.

Haastatteluissa mainittiin, että mittausperusta ja mittauksen määrittelyt yleensäkin, eli rakennussuunnitelman sisältö- ja esitystapaohjeen kohta R8 tulisi määritellä tarkemmin kuin "esitetään metatietona mallissa". Katsottiin, että Tienrakentamisen mittausuunnitelman laatimisohje (Tiehallinto 2008) tulisi päivittää vastaamaan tietomallipohjaisia toimintatapoja tai laatia kokonaan uusi ohje, joka ottaa kantaa näihin asioihin.

5.5 Tulosten luotettavuus ja yleistettävyyys

Kaikki haastatellut henkilöt olivat oman alansa asiantuntijoita ja heillä oli useiden vuosien kokemus omasta työstään, joillain jopa vuosikymmenten kokemus. Haastatteluihin osallistui yhteensä 15 asiantuntijaa eri tahoilta ja eri organisaatioista, minkä katsottiin olevan riittävä määrä monipuolisen ja luotettavan aineiston keräämiseen. Tehty haastattelututkimus onkin osittain määrällinen ja osittain laadullinen tutkimus, jossa otoskoko on varsin pieni määrällisen luotettavuuden tutkimisen kannalta. Yksittäiset ja selvästi muiden asiantuntijoiden näkemyksistä poikkeavat perustelemattomat näkemykset olisivat nousseet esiin haastatteluaineiston kokoamisen yhteydessä. Haastatelluilla henkilöillä ei myöskään katsottu olevan tämän tutkimuksen kannalta sellaisia päämääriä tai tavoitteita, joilla olisi pyritty vaikuttamaan tutkimuksen sisältöön. Edellä mainittujen seikkojen valossa tuloksia voidaan pitää luotettavina.

Haastatteluihin pyrittiin kutsumaan mahdollisimman monipuolisesti eri tahojen ja eri organisaatioiden edustajia. Haastatteluihin osallistuneet 15 asiantuntijaa jakautuivat varsin tasaisesti tilaajien, suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden kesken sekä asiantuntijat edustivat melko monipuolisesti näiden tahojen sisällä eri organisaatioita. Kuitenkin on otettava huomioon, että haastatteluissa esitetyt näkemykset ovat haastattelijoiden omia, eikä niitä voida kaikilta osin yleistää. Kokonaisuutena haastattelututkimuksen tulosten arvioidaan olevan melko hyvin yleistettävissä.

6 Tulosten analyysi ja päätelmät

6.1 Kirjallisuustutkimus

Kirjallisuustutkimuksessa perehdyttiin tiensuunnittelun eri vaiheisiin sekä tien rakentamiseen. Tiensuunnittelun eri vaiheet ovat esi-, yleis-, tie- ja rakennussuunnittelu. Lisäksi ennen varsinaista tiensuunnittelua voidaan tehdä liikennejärjestelmätasoisia esiselvityksiä. Suunnitelmavaiheista yleis- ja tiesuunnitelma määrittellään maantielaissa ja niiden laatimisprosessissa tulee ottaa huomioon lain edellyttämä velvoite vuorovaikutuksen järjestämiseksi. Lisäksi kyseisten suunnitelmavaiheiden hyväksytyt suunnitelmat oikeuttavat suunnitelmassa osoitettujen alueiden haltuun ottamiseen.

Tien rakennussuunnitelma on tiensuunnittelun vaiheista tarkin ja tien rakentaminen perustuu rakennussuunnitelmaan. Rakennussuunnitelmassa onkin esitettävä ratkaisut siten, että ne ovat toteutettavissa ja niiden avulla tie voidaan rakentaa sille osoitettuun maastokäytävään. Tien rakennussuunnitelma perustuu myös maantielain mukaisessa prosessissa laadittuun ja hyväksytyyn tiesuunnitelmaan, joten rakennussuunnitelmassa ei voida merkittävästi poiketa tiesuunnitelmassa esitetyistä ratkaisuista ilman tiesuunnitelmamuutosta. Rakennussuunnitelmassa voidaan kuitenkin tehdä merkitykseltään vähäisiä muutoksia tiesuunnitelmassa osoitettujen alueiden sisällä. Kirjallisuustutkimuksen perusteella rakennussuunnitelmassa tarkennetaan siis tiesuunnitelmassa esitettyä suunnitelmaratkaisua siten, että sen avulla tie voidaan rakentaa.

Kirjallisuustutkimuksessa perehdyttiin myös tiehankkeissa käytettäviin hanke- ja urakkamuotoihin. Tiehankkeissa yleisimmin käytettävät hanke- ja urakkamuodot ovat kokonaisurakka, ST-urakka, elinkaarimalli ja allianssimalli. Kirjallisuustutkimuksen perusteella urakkamuodoissa merkittävässä asemassa on hankkeen eri osapuolten välinen yhteistyö. Urakkamuodot voidaan lajitella tilaajan, suunnittelijan ja urakoitsijan välisen yhteistyön mukaan seuraavasti:

- Kokonaisurakassa suunnittelija tekee tilaajalle suunnitelmaratkaisun, minkä jälkeen kilpailutetaan hankkeen urakoitsija. Kokonaisurakassa on heikoimmat mahdollisuudet yhteistyöhön eri osapuolten välillä.
- ST-urakassa suunnittelija tuottaa aineistoa suoraan urakoitsijalle, joka on kokonaisvastuussa hankkeesta tilaajalle. ST-urakassa suunnitelmia tuotetaan suoraan urakoitsijan tarpeisiin, joten yhteistyötä suunnittelijan ja urakoitsijan välillä voidaan hyödyntää.
- Elinkaarimallissa suunnittelija ja urakoitsija vastaavat tieyhtiölle, jossa osakkaina ovat ainakin tilaaja ja urakoitsija. Tieyhtiö on puolestaan vastuussa hankkeesta tilaajalle. Suunnitteluaineistojen tuottaminen ja siten myös yhteistyömahdollisuudet ovat likimäärin samat kuin ST-urakassa.
- Allianssimallissa tilaaja, suunnittelija(t) ja urakoitsija(t) muodostavat allianssin, jossa kaikki sitoutuvat yhteisiin tavoitteisiin hankkeen läpiviemiseksi. Allianssimallissa työskentely on kaikkein tiiveintä hankkeen eri osapuolten kesken ja siten yhteistyömahdollisuudet hankemuodoista parhaimmat.

Kirjallisuustutkimuksen perusteella interaktiivisemmissä urakkamuodoissa näyttäisi olevan parhaimmat edellytykset tuottaa suunnitelmia ja suunnitelma- ja toteutusmalleja urakointia

varten. Niissä voidaan sopia suunnittelijan ja urakoitsijan välillä toteutusta varten tarpeelliset aineistot, eikä tarpeettomia malleja tarvitse tuottaa. Lisäksi suunnitelmamuutosten ja muiden työmaapalveluihin verrattavissa olevien toimenpiteiden tekeminen on vaivattomampaa, kun suunnittelijan ja urakoitsijan väliset yhteistyötavat ja -käytännöt ovat jo olemassa.

Tietomallintamista infrahankkeissa käsiteltiin kirjallisuustutkimuksessa, jotta pystyttiin muodostamaan käsitys infrahankkeissa käytettävistä tietomallintamisen menetelmistä, ohjeista ja vaatimuksista. Tiehankkeiden mallintamisen ohjeistus pitää tällä hetkellä sisällään Teiden ja ratojen inframalliohjeen ja Yleiset Inframallivaatimukset 2015 -ohjesarjan. Niissä on kuvattu muun muassa yleisesti inframallintamista, mallintamista hankkeiden eri vaiheissa, erilaisia rakentamisessa käytettäviä malleja sekä niiden tuottamisessa huomioon otettavia asioita. Tiehankkeissa käytettäviä tiedonsiirtoformaatteja ovat tällä hetkellä Inframodel, ja IFC taitorakenteiden osalta. Myös muita formaatteja, kuten DWG-, DXF- ja GT-formaatteja käytetään joissain tapauksissa. Inframallintamisessa käytetään InfraBIM-nimikeistää geometrioiden, taiteviivojen ja pintamallien nimeämiseen ja numerointiin.

Kirjallisuustutkimuksen perusteella tietomallintamiseen vaikuttavat mallinnusohjeet ja -vaatimukset, tiedonsiirtoformaatit ja nimikkeistöt. Inframallintamisen kehittämisessä niitä kaikkia tulisi viedä samanaikaisesti eteenpäin kokonaisuutena. Yhden osan heikkous huonontaa kahden muun käytettävyyttä ja siten kokonaisuuden toimivuutta. Tiehankkeisiin parhaiten soveltuva tiedonsiirtoformaatti näyttäisi toistaiseksi olevan LandXML-pohjainen Inframodel-tiedonsiirto. Tosin tulevaisuudessa IFC mahdollistaa väylien mallintamisen ja tiedonsiirron, joten nähtäväksi jää, että kummasta muodostuu alalla yleisesti käytettävä formaatti.

Lopuksi kirjallisuustutkimuksessa perehdyttiin perinteisen tien rakennussuunnitelman sisällöstä ja esitystavasta annettuun ohjeistukseen ja verrattiin niitä voimassa oleviin inframallintamisen ohjeisiin. Tällä tavoin pyrittiin saamaan käsitys rakennussuunnitelman sisällön laajuudesta ja siihen sovellettavissa olevista mallinnusohjeista. Tämän käsittelyn pohjalta laadittiin taulukko, jossa esitetään tien rakennussuunnitelman sisältö tämän työn rajauksien mukaisesti sekä miten ja millä tarkkuudella kyseiset asiat esitettäisiin rakennussuunnitelmallissa.

6.2 Haastattelututkimus

Haastattelututkimusta varten laadittiin 20 kohtaa sisältävä kysymyssarja, joka käytiin läpi haastatteluissa. Taulukkoon 2 on tiivistetty haastattelututkimuksen keskeisimmät havainnot aihealuekohdittain. Varsinaiset haastattelukysymykset ja niiden pohjustus on esitetty tämän työn liitteissä.

Taulukko 2: Haastattelututkimuksen keskeisimmät havainnot.

Aihealue	Keskeiset havainnot
1. Tietomallipohjaiset hankkeet	Kokemusta muutamasta hankkeesta aina lähes sataan hankkeeseen, myös kehitys- ja koulutushankkeita sekä ohjetoita. Pääosin positiivisia kokemuksia, kustannustehokkuus ja nopeus hyviä asioita tietomallipohjaisissa hankkeissa. Toimintatapojen muuttaminen tuo mukanaan haasteita, mutta alkuvaikeuksien jälkeen hyödyt alkavat realisoitua.

	Prosessit eivät ole vielä optimaalisia ja tehostamisen varaa on.
2. Mallinnusohjeet	<p>Inframalliohje tiivis ja hyvä yleiskäsityksen saamiseen. Toisaalta joidenkin käsitteiden määrittely edelleen epäselvä.</p> <p>YIV-ohjesarja hieman sekava ja heikosti jäsennelty sekä paikoin liian yksityiskohtainen. Katusuunnittelun näkökulma mukaan ohjeisiin.</p> <p>Tarkkuustasojen määrä hyvä, mallinnustarkkuuksien kuvaukset tarkemmiksi, erityisesti sinisen ja vihreän ero. Tarvitaan havainnollistavia kuvia.</p>
3. Rakennussuunnitelman sisältö	<p>Paljon päällekkäisyyttä. Paalukohtaiset poikkileikkaukset tarpeettomia dokumentteina, voidaan katsoa mallista. Samoin liittymäpiirustus voidaan katsoa mallista silloin, kun mallinnustarkkuus riittävä.</p> <p>Edelleen olennaista pituusleikkaus, rakenteellinen tyyppipoikkileikkaus, suunnitelmakartta ja päällysrakennetaulukot. Lisäksi suunnitelmien oikeellisuus sekä tieto epävarmuudesta, vaihtoehtoisista ratkaisuista ja muutoshistoriasta.</p> <p>Siirtymävaihe pitkä. Asteittaiset muutokset, kannustimet tietomallipohjaiseen toimintaan siirtymiseen. Tekstimuotoiset dokumentit säilyvät mallin liitteinä, paikkatietosidonnaisuus korostuu. Interaktiiviset hanke- ja urakkamuodot yleistyvät.</p>
4. Rakennussuunnitelmamalli ja toteutusmalli	<p>Urakoitsija pyrkii hyödyntämään rakennussuunnitelmamallia mahdollisimman paljon toteutusmallia laadittaessa. Pistetieto huomattavasti vaivattomammin käytettävissä kuin luettelot.</p> <p>Rakennussuunnitelmamallin ja toteutusmallin välinen ero tällä hetkellä epäselvä. Rakennussuunnitelmamalli visuaalisempi, objektien dimensiot tärkeitä yhteensovituksen kannalta. Mittausaineiston sisällyttäminen rakennussuunnitelmamalliin. Materiaali- ja tuotetiedot sekä mahdolliset työvaiheistukset toteutusmallin sisältöä. Toteutusmalli aina avoimessa formaatissa.</p> <p>Rakennussuunnitelmamallin ongelmia: taiteviivojen ja pintamallien virheelliset koodaukset, toimitettavat aineistot puutteellisia, tietomalliselostus suppea sekä aineistojen toimittaminen muissa kuin avoimissa formateissa. Rakennussuunnitelmamalliin mallinnetaan vain osa rakenteista, jolloin yhteensopivuustarkastelut jäävät puutteellisiksi.</p> <p>Toteumaa varten tarvitaan rakennussuunnitelma- ja toteutusmalliin toleranssitiedot. Yhtenäiset nimeämiskäytännöt ja kansiorakenteet palvelisivat hankkeen elinkaarenaikaista tiedonhallintaa.</p>
5. Hanke- ja urakkamuodot	Urakkamuodolla on vaikutusta tietomallintamiseen rakennussuunnittelussa: mitä interaktiivisempi urakkamuoto, sitä parempi. Kokonaisurakat huonoja suunnittelijan ja urakoitsijan välisen keskusteluyhteyden puuttumisen takia, ST-hanke ja elinkaarimalli parempia ja allianssimallissa parhaat edellytykset vuorovaikutukselle.

	Tulevaisuudessa korostuvia seikkoja interaktiivisten urakkamuotojen lisäksi: tietomallintamisen kattavuus, tarkkuus ja pisteytys hankinta-asiakirjoissa sekä hankintaorganisaation tietomalliosaaminen.
6. Tiedonsiirtoformaatit	Suunnittelussa sekä Inframodel että IFC toimivia, tosin IFC yleensä vain referenssitietona. Hankalana seikkana IFC:n paikalliskoordinaatisto. Rakentamisessa Inframodel huomattavasti käytettävämpi kuin IFC. IFC todennäköisesti tulevaisuuden formaatti, koska se perustuu kansainväliseen standardiin.
7. Rakennussuunnitelman perustiedot	Merkittävien riskien esittäminen rakennussuunnitelma- ja toteutusmallissa hyvä asia. Paikkatietosidonnaisiin dokumentteihin pääsy mallin kautta oikeasta paikasta, muut mallin liitteiksi. Maanomistajatietoihin pääsy mallin tai rajapinnan kautta hyödyllistä, yksityisyyden suoja ja tietoturva-asiat otettava huomioon.
8. Tie- ja maarakenteet	Liittymäalueiden ja niiden tasauksen suunnittelu ja mallintaminen tärkeitä seikkoja. Myös väylärakenteiden ja geometrialinjojen yhteensovitus väylien yhtymäkohdissa. Siirtymärakenteissa erityistä huomiota väylien liitoskohtiin, ramppeihin, siltojen ja tunneleiden sekä rumpujen ja muiden putkien siirtymärakenteisiin. Kaivantojen mallintamiseen kiinnitettävä huomiota, mallinnusohje olisi tarpeen. Yhteensovitus ja törmäystarkastelut tärkeitä detaljipiirustuksia vastaavissa mallin osissa.
9. Pohjarakennus	Pohjatutkimustiedot tärkeitä. Kairausdiagrammi hyvä ja vakiintunut esitystapa. Pohjatutkimustietojen esittämisen suunnitelmamallissa tulisi olla pakollinen, erikoistutkimukset hankekohtaisesti. Avoimen tiedonsiirron hyödyntäminen, Infra-pohjatutkimusformaatti hyvä tiedonsiirtoon ja tallentamiseen.
10. Vesien hallinta	Pintavesissä ja kuivatuksessa havainnollisuus keskeistä, kuivatuksen kokonaiskuva tulisi saada helposti. Vesien valuman suunta-uolet hyviä. Pohjavesien esittäminen pintana aina, kun pohjavedellä on hankkeen kannalta merkitystä. Putkijohtokaivantojen mallinnustarkkuus: pois kaivettavat massat sinisellä, lisättävät massat ja materiaalit vihreällä ja putket vihreällä. Suunnitteluresursseja on varattava mallinnustarkkuuden mukaisesti.
11. Johdot ja laitteet	Mallinnustarkkuus: putkijohdot vihreällä, kaapelit sinisellä (xyz-taiteviiva). Putkipatterit tilavarauksena. Korkotiedot merkityksellisiä.

	Johtojen toteumatietojen ja mallintamisen toimintatavoissa ja ohjeistuksessa kehitettävää valtakunnallisesti.
12. Tieympäristö	<p>Suojeltavien kohteiden esittäminen aluerajauksena varoituksineen. Ympäristösuunnittelijalta tarvittava suojaetäisyys.</p> <p>Kasvualustat: Yksittäiset kohteet 3D-objekteina, syvyys- ja pistetieto tärkeä. Laajat alueet aluerajauksena ominaisuustietoineen. Kantavat kasvualustat taiteviivoina ja kolmiopintoina vihreällä mallinnustarkkuudella.</p>
13. Massat ja määrät	<p>Ohjeissa haasteita: mallit tehdään mallinnusohjeiden mukaan, määrälaskennat Määrämittausohjeen mukaan. Pintamallien virheet näkyvät virheellisinä massoina. Massalaskennan oikeellisuuden tarkastamisen pitää olla mahdollista.</p> <p>Tilavuusmallit mahdollisuutena IFC:ssä. Tilavuusmallien tuottamisen automatisointi sekä muokkaamisen ja pilkkomisen helppous tärkeää.</p> <p>Massa- ja määrätietojen saattamista kustannuslaskentaan tulisi sujuvoittaa tai automatisoida.</p> <p>Mahdollisesti siirtyminen tuotekirjastoihin standardoitujen tuotteiden osalta.</p>
14. Sillat ja tunnelit	<p>Sillat ja tunnelit sovitettava väylärakenteisiin aukottomasti. Keskeisimmät seikat: sillan keilat, siirtymälaatat ja siipimuurit.</p> <p>IFC-mallit toistaiseksi rajallisesti hyödynnettävissä.</p> <p>Yhteensovituksessa korostuvia seikkoja: tekniikkalajien yhteistyö, toimintatavat ja ohjeistus. Yhteensovituksen yhteinen ja yleinen ohjeistus tarpeen.</p>
15. Muut taitorakenteet	<p>Yhteensovituksen kannalta kaidelinjojen perustusrakenteiden mallintaminen tärkeää.</p> <p>IFC-mallit hankalia toteutuksessa.</p> <p>Paalulaattojen, tukimuurien ja portaiden osalta sinisen ja vihreän mallinnustarkkuuden välinen ero epäselvä. Vihreässä laajemmat ominaisuustiedot?</p>
16. Valaistus	<p>Valaisinpylvään jalustan mallintaminen 3D-objektina tärkeää yhteensovituksen kannalta. Riskinä jalustan dimensioiden vaihtuminen ja paljon lisätyötä mallintamiseen.</p> <p>Koodattujen objektien automaattinen luettelointi.</p> <p>Toistaiseksi suunnittelussa heikot valmiudet mallintaa ohjeiden mukaan, mahdollisia yhteensopivuusongelmia.</p>
17. Kiinteä liikenteen ohjaus	<p>Liikennemerkkien ja taulujen jalustojen ja perustusrakenteiden mallintaminen 3D-objektina tärkeää yhteensovituksen kannalta. Jalustojen ja perustusrakenteiden osalta vastaava riski kuin valaistuksessa.</p> <p>Tiementien merkintöjen mallintaminen viivamaisina objekteina. Mahdollisesti tulevaisuudessa työkoneautomaatio tiementien merkintöjen osalta.</p>

	Koodattujen objektien automaattinen luettelointi. Toistaiseksi suunnittelussa heikot valmiudet mallintaa ohjeiden mukaan, mahdollisia yhteensopivuusongelmia.
18. Liikennevalo-ohjaus	Liikennevalopylväiden jalustojen mallintaminen 3D-objektina tärkeää yhteensovituksen kannalta. Jalustojen osalta vastaava riski kuin valaistuksessa. Koodattujen objektien automaattinen luettelointi. Toistaiseksi suunnittelussa heikot valmiudet mallintaa ohjeiden mukaan, mahdollisia yhteensopivuusongelmia.
19. Telematiikka	Telematiikan perusrakenteiden mallintaminen 3D-objekteina tärkeää yhteensovituksen kannalta. Perusrakenteiden osalta vastaava riski kuin valaistuksessa. Erityistä huomiota kaiteilla suojattavien kohteiden mallintamiseen. Telematiikan kaivojen mallintaminen vastaavasti kuin vesihuollon osalta. Koodattujen objektien automaattinen luettelointi. Toistaiseksi suunnittelussa heikot valmiudet mallintaa ohjeiden mukaan, mahdollisia yhteensopivuusongelmia.
20. Muut asiat	Yhdistelmämalli korvaa yhteensovituspiirustuksen, malli huomattavasti havainnollisempi. Imujätejärjestelmät puuttuvat toistaiseksi ohjeistuksesta ja määrittelyistä. Tietomalliselostuksen tulee olla niin selkeä, että hankkeen ulkopuolinen asiantuntija ymmärtää sen sisällön. Mallinnusohjeissa, käytännöissä ja nimikkeistöissä vielä kehitettävää prosessien optimoimiseksi. Mittaus suunnitelman laatimisohje päivitettävä vastaamaan tietomallipohjaisia toimintatapoja tai laadittava uusi ohje, joka ottaa kantaa niihin.

Kirjallisuustutkimuksen ja haastattelututkimuksen perusteella selvisi, että tien rakennussuunnitelmassa on tällä hetkellä paljon päällekkäisiä asioita. Esimerkiksi erilaisia yleis- ja suunnitelmakarttoja on lukuisia ja osaan tekniikkalajeista sisältyy sekä yleis- että suunnitelmakartta. Tietomallipohjaisessa suunnitelmassa ei tarvita sekä yleis- että suunnitelmakartta, vaan ne voidaan esittää näkyminä suunnitelmamallista ja tulostaa siitä tarvittaessa ulos. Myös erilaisia luetteloitavia asioita on paljon. Useat suunnitelmamallissa objekteina esitettävät asiat, kuten rummut tai liikennemerkkit ovat perinteisessä suunnitelmassa luetteloitavia. Nämä asiat voidaan tietomallipohjaisessa suunnitelmassa luetteloida suoraan suunnitelmamallista, jolloin myös käsin syötettävä tieto vähenee ja siten myös inhimillisen virheen mahdollisuus pienenee.

Kirjallisuustutkimuksessa havaittiin, että urakkamuodolla on merkitystä hankkeen osapuolien väliseen yhteistyöhön rakennussuunnittelun ja rakentamisen rajapinnassa. Tämä käsitys vahvistui entisestään haastattelututkimuksen perusteella. Haastattelututkimuksessa selvisi,

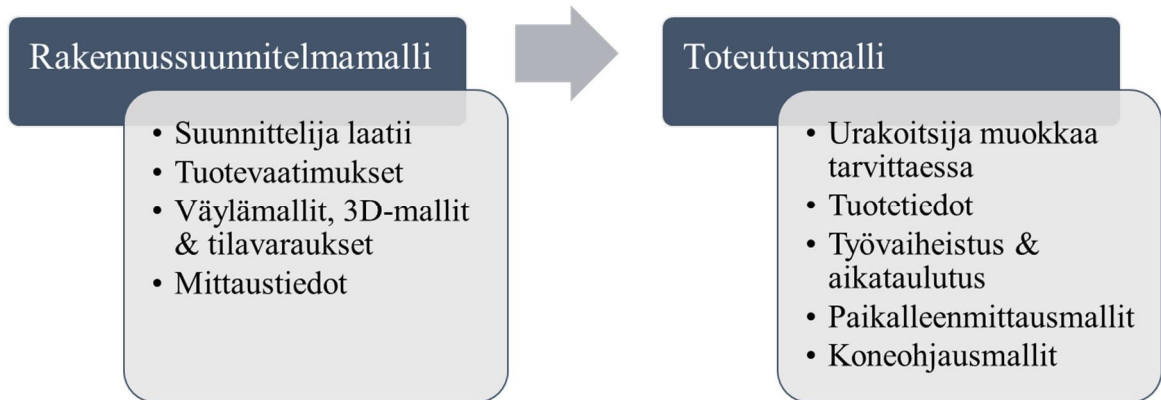
että suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden mielestä interaktiivisissa urakkamuodoissa yhteistyön ja paremman keskusteluyhteyden takia tarpeettomien asioiden tekeminen vähenee huomattavasti ja toimitettava aineisto on sellaista, jota voidaan hyödyntää tehokkaammin rakentamisessa.

Haastattelututkimuksen perusteella kustannustehokkuuden kasvun takia interaktiiviset urakkamuodot ovat tilaajan näkökulmasta parempia kuin kokonaisurakka. Toisaalta poliittiset päättäjät valitaan vaaleilla tietyksi ajaksi kerrallaan erilaisiin edustajistoihin, kuten eduskuntaan tai kunnanvaltuustoon, joten hankkeiden rahoituspäätökset vaihtelevat eri ajanjaksoina. Kokonaisurakkana toteutettavat hankkeet ovat tällöin tarpeen, jotta suunnitelmia voidaan tehdä ja hankkeita viedä eteenpäin, vaikka rakentamisen budjetointi ei sisältyisikään juuri tiettyyn hallitusohjelmaan.

Kokonaisuutena yhteistoimintaa rakentamishankkeissa voidaan edistää suosimalla yhteistyötä enemmän sisältäviä hanke- ja urakkamuotoja. Erityisesti allianssimalliin sisältyy sekä hankkeen eri tahojen välinen parempi yhteistyö että myös eri tekniikkalajien välinen yhteistyö Big Room -työskentelytavan myötä.

Haastattelututkimuksessa havaittiin, että tietomallipohjaista toimintatapaa rajoittavina seikkoina ovat toistaiseksi eri ohjelmistojen kyvyt tulkita ja esittää tietomalliaineistoja sekä nimikkeistöjen ja tiedonsiirtoformaattien rajalliset mahdollisuudet tietojen tehokkaaseen siirtämiseen ja tallentamiseen. Haastatteluissa mainittiinkin, että töitä tulisi tehdä älykkäästi ja ohjelmistojen, tiedonsiirron ja nimikkeistöjen pitäisi mahdollistaa se. Näissä asioissa on vielä paljon kehitettävää, jotta täysin tietomallipohjaiset toimintatavat saadaan vakiintuneiksi käytännöiksi infra-alalla.

Haastattelututkimuksen avulla pyrittiin myös selvittämään rakennussuunnitelmamallin ja toteutusmallin välistä eroa. Yksi rakennussuunnitelmamallin tärkeimmistä seikoista on erilaisten rakenteiden yhteensovittaminen. Rakenteiden yhteensopivuuden tutkiminen ja yhteensopivuudesta varmistuminen on tärkeää suunnitteluvaiheessa, koska silloin virheiden korjaaminen on mahdollista tehdä melko pienellä vaivalla. Yhteensopivuuden tutkimisen kannalta on olennaista, että erilaiset rakenteet mallinnetaan siten, että niiden dimensiot käyvät ilmi tietomallista. Toisaalta rakentamiseen tarvitaan yleensä yksinkertaisempaa aineistoa rakenteista. Esimerkiksi työmaan mittaustietona voidaan käyttää pistetietoja, taiteviivoja tai pintamalleja. On siis tärkeää, että suunnitelmamalli sisältää myös mittauksen kannalta tarpeelliset tiedot. Kuvassa 24 on esitetty rakennussuunnitelmamallin ja toteutusmallin suhde toisiinsa sekä kyseisten mallien laatimisesta vastaavat tahot.



Kuva 24: Rakennussuunnitelmamallin ja toteutusmallin ero.

Rakennussuunnitelmamalliin tulisi mallintaa kaikki rakenteet ja objektit esimerkiksi väylämalleina, 3D-malleina tai tilavarauksina voimassa olevien ohjeiden mukaan. Dimensioiden ja ominaisuustietojen lisäksi objekteihin tulisi sisällyttää voimassa olevien ohjeiden mukaiset mittauksissa tarvittavat piste-, taiteviiva- ja pintatiedot. Rakennussuunnitelmamallissa esitetään tuotevaatimuksia, jotka eivät suoraan määrää käytettävää tuotetta, vaan antavat käytettävälle tuotteelle vaatimukset. Ideaalitulanteessa rakenteet ja objektit sekä niiden ominaisuustiedot ovat omassa kohderyhmässään ja mittauksen tiedot vastaavasti omassaan. Tällöin suunnitelmamallissa voidaan esittää tarpeen mukaan sekä suunnittelu- että toteutusaineisto tai vain toinen niistä. Tässä tapauksessa rakennussuunnitelmamalli sisältää toteutuksessa tarvittavat tiedot ja rakennussuunnitelmamallin ja toteutusmallin välillä on terminologinen ero. Kun rakennussuunnitelmamalli on toimitettu urakoitsijalle, tulee siitä toteutusmalli. Rakennussuunnitelmamallin laadinta kuuluu suunnittelijan vastuulle.

Urakoitsijan käytössä oleva toteutusmalli sisältäisi siis rakentamisessa tarvittavat väylämallit, 3D-mallit ja tilavaraukset. Urakoitsija voi tällöin halutessaan hyödyntää myös suunnitelmamalliin sisältyviä 3D-malleja mittaukseen ja koneohjaukseen tarvittavien tietojen ohella. Urakoitsijan vastuulle kuuluisivat toteutusmallin osamalleiksi luokiteltavat paikalleenmittaus- ja koneohjausmallit, joita urakoitsija täydentää tai jatkojalostaa omaan tarpeeseensa soveltuviksi toimitetun toteutusmallin pohjalta. Muokatut paikalleenmittaus- ja koneohjausmallit olisivat tällöin osa toteutusmallia. Lisäksi urakoitsija täsmentää suunnitteluvaiheen tuotevaatimukset tuotetiedoiksi valitsemalla tarkoitukseen soveltuvat tuotteet eri valmistajien tai toimittajien valikoimista. Urakoitsija voi myös pilkkoa toteutusmallia työvaiheistuksen tai aikatauluttamisen kannalta parhaaksi katsomallaan tavalla.

Kirjallisuustutkimuksessa laadittua rakennussuunnitelmamallin sisältöön ja tarkkuuteen liittyvää taulukkoa hyödynnettiin haastattelututkimuksessa. Haastattelututkimuksessa selvitettiin mallinnustavan ja -tarkkuuden esittämistä eri rakennussuunnitelman osille ja niihin saatiin kommentteja. Nykyisestä ohjeistuksesta poikkeavat, kommenttien perusteella muokatut rakennusosien mallinnustarkkuudet on esitetty taulukossa kohdassa Mallinnustarkkuus kursivoituna ja lihavoituna tekstinä. Kommenttien perusteella viimeistelty taulukko on esitetty työn liitteissä. Laadittu taulukko on ehdotus tien tietomallipohjaisen rakennussuunnitelman sisällöksi ja tarkkuudeksi.

7 Yhteenveto ja suositukset

Tämän diplomityön tavoitteena oli selvittää tien tietomallipohjaisen rakennussuunnitelman sisältö ja tarkkuusvaatimukset. Työn tavoitteena on ollut myös rakennussuunnitelmamallin ja toteutusmallin välisen eron määrittäminen. Tavoitteiden saavuttamiseksi työssä on etsitty vastauksia seuraaviin tutkimuskysymyksiin: Mitkä ovat tien rakennussuunnitelman tietomallivaatimukset? Mitkä ovat tien tietomallipohjaisen rakennussuunnitelman erot perinteiseen rakennussuunnitelmaan sekä nykyisiin ohjeisiin ja vaatimuksiin nähden? Mitkä ovat rakennussuunnitelmamallin ja toteutusmallit erot?

Tutkimusmenetelminä käytettiin kirjallisuustutkimusta ja haastattelututkimusta. Kirjallisuustutkimuksessa perehdyttiin tien suunnitteluvaiheisiin ja rakentamiseen, hanke- ja urakamuotoihin, tietomallintamiseen infrahankkeissa sekä perinteisen tien rakennussuunnitelman sisällön ja esitystavan yhteyttä voimassa oleviin tietomallintamista käsitteleviin ohjeisiin. Haastattelututkimuksessa haastateltiin 15 infra-alan asiantuntijaa eri tahoilta ja eri organisaatioista. Haastatteluiden perusteella saatiin näkemyksiä tien rakennussuunnittelusta ja rakentamisesta sekä tietomallipohjaisesta toiminnasta infra-alalla tällä hetkellä. Haastatte- luissa nousivat esiin tämänhetkiset ongelmat ja puutteet tien rakennussuunnittelun ja rakentamisen tietomalleissa. Haastattelututkimuksen avulla saatiin myös paljon kehitys- ja parannusehdotuksia nykyisiin tien rakennussuunnittelua ja tietomallintamista käsitteleviin ohjeisiin sekä alalla vallitseviin käytäntöihin ja toimintatapoihin.

Diplomityössä saavutettiin sille asetetut tavoitteet. Tutkimuksessa laadittiin ehdotus tien tietomallipohjaisen rakennussuunnitelman sisällöksi ja tarkkuudeksi. Tutkimuksessa selvitet- tiin myös ehdotus rakennussuunnitelmamallin ja toteutusmallin väliseksi eroksi.

Diplomityön tavoitteiden lisäksi tutkimuksessa nousi esiin kehitystä vaativia seikkoja. Tutkimuksen perusteella voidaan suositella Tienrakentamisen mittausuunnitelman laatimiso- hjeen (Tiehallinto 2008) päivittämistä vastaamaan tietomallipohjaisia toimintatapoja tai laatia kokonaan uusi ohje, jossa otetaan kantaa mittaukseen ja tietomallintamiseen. Esimerkiksi mittausperustaan kuuluvien asioiden tarkempi määrittäminen ja mittausaineiston muoto tie- tomallipohjaisessa suunnittelussa ja rakentamisessa vaatisivat päivittämistä.

Tutkimuksessa kävi ilmi, että joissain tietomallintamisen ohjeissa on vielä kehitettävää. Esi- merkiksi Yleisten Inframallivaatimusten osassa 6 Järjestelmät on osa järjestelmien nimik- keistä kuvattu jäsentävällä päätasolla, kuten 3110 Jätevesiviemärit sekä 3120 Huleve- siviemärit, eikä nimikkeille, kuten 3127 Hulevesialtaat ole kuvauksia ollenkaan. Yleisten Inframallivaatimusten päivityskierroksessa olisi hyvä määrittää mallinnusvaatimukset ra- kennusosittain käytettäville rakenteille.

Tähän diplomityöhön ei sisällytetty ratojen, siltojen tai tunneleiden käsittelyä tien rakennus- suunnitelmaa laadittaessa. Jatkotutkimuskohteina voidaankin esittää kyseisten seikkojen tut- kimista tien rakennussuunnitelman edellyttämällä tarkkuudella sekä selvittää niihin liittyviä tietomallintamisen mahdollisuuksia rakentamisessa.

Lähdeluettelo

- Bergroth, H. 2015. *Infrasuunnitteluhankkeiden toimitusvarmuuden kehittäminen*. Diplomityö. Aalto-yliopiston Insinööritieteiden korkeakoulu, Yhdyskunta- ja ympäristötekniikan laitos. Espoo. 76 s.
- Borrmann, A., Amann, J., Chipman, T., Hyvärinen, J., Liebich, T., Mol, L., Muhič, S., Plume, J. & Scarponcini, P. 2017. *IFC Infra Overall Architecture, Final Results*. Esitysmateriaali. [Viitattu 16.11.2017]
- buildingSMART Finland. 2016a. *Finnish inframodel application documentation for LandXML v1.2, Version 3: 2013*. [Viitattu 21.8.2017] Saatavissa: <https://buildingsmart.fi/infra/inframodel/inframodel3/index.html>.
- buildingSMART Finland. 2016b. *InfraBIM-nimikkeistö (suunnittelu-, mittaus- ja tietomallinimikkeistö) v. 1.6*. [Viitattu 17.11.2017] Saatavissa: https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/InfraBIM_nimikkeisto_v1_6.pdf.
- buildingSMART Finland. 2016c. *Inframodel 4, Uudet ominaisuudet 8.8.2016*. Esitys. 33 s. [Viitattu 15.11.2017] Saatavissa: https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2014/04/Inframodel_4_uudet_osat.pdf.
- buildingSMART Finland. 2017a. *Yleiset inframallivaatimukset*. [Viitattu 13.11.2017] Saatavissa: <https://buildingsmart.fi/infrabim/yiv/>.
- buildingSMART Finland. 2017b. *Inframodel-tiedonsiirtoformaatti*. [Viitattu 15.11.2017] Saatavissa: <https://buildingsmart.fi/infrabim/inframodel/>.
- Hirsjärvi, S. & Hurme, H. 2001. *Tutkimushaastattelu. Teemahaastattelun teoria ja käytäntö*. Helsinki: Yliopistopaino. 213 s. ISBN 951-570-458-8.
- Janhunen, N., Pienimäki, M. & Parantala, S. 2015. *Inframalli ja mallinnus hankkeen eri suunnitteluvaiheissa*. Yleiset inframallivaatimukset YIV2015, Osa 4 (v. 1.0). 34 s. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 26.7.2017] Saatavissa: https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/YIV2015_Mallinnusohjeet_OSA4_Mallinnus_hankkeen_eri_vaiheissa_V_1_0.pdf.
- Koppinen, T. & Lahdenperä, P. 2004. *The current and future performance of road project delivery methods*. VTT Publications 549. Espoo: VTT (Technical Research Centre of Finland). 115 s. [Viitattu 19.7.2017] ISBN 951-38-6425-1 (sähköinen). ISSN 1455-0849 (sähköinen). Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/publications/2004/P549.pdf>.
- Kyllönen, H. 2017. *Yleiset inframallivaatimukset 2015 palautteen ja kehitysehdotusten kerääminen*. Insinööritö. Metropolia Ammattikorkeakoulu, Rakennustekniikan koulutusohjelma. Helsinki. 43 s.
- Lehtikankare, H. & Nygård, M. 2013. *Rakentajain kalenteri 2013 – Elinkaarimalli*. Helsinki: Rakennustieto Oy. S. 50-56. [Viitattu 18.7.2017] ISSN 1799-9391 (e-kirja). Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK130201.pdf>.

- Liikennevirasto. 2010a. *Tiesuunnitelma. Toimintaohjeet*. Helsinki: Liikennevirasto. 65 s. [Viitattu 1.6.2017] Saatavissa: http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lo_2010-20_tiesuunnitelma_toimintaohjeet_web.pdf. ISBN 978-952-255-571-7 (sähköinen).
- Liikennevirasto. 2010b. *Tiesuunnittelun kulku*. Esite. 20 s. [Viitattu 6.7.2017] Saatavissa: http://www.liikennevirasto.fi/documents/20473/34253/tiesuunnittelun+kulku_esite.pdf/1341b1b2-4629-4bdf-a763-32f41c7334e4.
- Liikennevirasto. 2011. *Väylähankkeiden suunnitteluperusteiden menettelykuvaus*. Helsinki: Liikennevirasto. 23 s. [Viitattu 11.7.2017] Saatavissa: http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lo_2011-24_vaylahankkeiden_suunnitteluperusteiden_web.pdf. ISBN 978-925-255-062-0 (sähköinen).
- Liikennevirasto. 2013a. *Tien rakennussuunnitelma – Sisältö ja esitystapa*. Helsinki: Liikennevirasto. 80 s. [Viitattu 7.7.2017] Saatavissa: http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lo_2013-44_tien_rakennussuunnitelma_web.pdf. ISBN 978-952-255-394-2 (sähköinen).
- Liikennevirasto. 2013b. *Tien rakennussuunnitelma – Toimintaohjeet*. Helsinki: Liikennevirasto. 81 s. [Viitattu 7.7.2017] Saatavissa: http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lo_2013-45_tien_rakennussuunnitelma_web.pdf. ISBN 978-952-255-395-9 (sähköinen).
- Liikennevirasto. 2017. *Tie- ja ratahankkeiden inframalliohje*. Helsinki: Liikennevirasto. 46 s. [Viitattu 25.7.2017] Saatavissa: http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lo_2017-12_tie_ratahankkeiden_web.pdf. ISBN 978-952-317-325-5 (sähköinen).
- Liukas, J. 2013. *Inframodel -käyttöönotto-ohje versio 1.0*. PRE InfraFINBIM. Saatavissa: <https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2014/04/Inframodel3-kayttoohje.pdf>.
- Liukas, J. 2017a. Johtava konsultti, InfraBIM & tiedonhallinta, Sito Oy. Keskustelut välillä toukokuu-marraskuu 2017.
- Liukas, J. 2017b. *Infran kansainvälinen standardointi*. Infra-O kick-off, esitysmateriaali, 25.4.2017, Helsinki. [Viitattu 21.11.2017] Saatavissa: http://www.infra-o.fi/dokumentit/kickoff/04_Liukas_Juha.pdf.
- Liukas, J. 2017c. *BIM ja Infra - Nykytila ja suunta*. Trimble BIM Forum 2017, esitysmateriaali, 12.10.2017, Helsinki. [Viitattu 21.11.2017]
- Lötjönen, M., Liukas, J., Kemppainen, L. & Leskinen, A. 2013. *Infran tietovarantojen hallinta*. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 23/2013. Helsinki: Liikennevirasto. 37 s. [Viitattu 13.11.2017] Saatavissa: https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf3/lts_2013-23_infran_tietovarantojen_web.pdf. ISBN 978-952-255-324-9 (sähköinen).
- Molin, P. & Matintupa, E. 2008. *Utveckling av entreprenadformer och alternativa samarbetsformer*. Helsingfors: GNA – Gemensam Nordisk Anläggningsmarknad. 56 s.

- [Viitattu 18.7.2017] Saatavissa: https://www.vegvesen.no/s/bransjekontakt/slutt-rapporterGNA/GNA_Rapport_Utv%20av%20entreprenadformer_final-20081002.pdf.
- Niskanen, J. 2015. *Tietomallipohjainen hanke*. Yleiset inframallivaatimukset YIV2015, Osa 1 (v. 1.0). 17 s. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 8.11.2017] Saatavissa: https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/YIV2015_Mallinnusohjeet_OSA1_Tietomallipohjainen_hanke_V_1_0.pdf.
- Novatron koneohjausjärjestelmät. 2017. *Mitä on koneohjaus?* [Viitattu 19.11.2017] Saatavissa: <http://novatron.fi/mita-on-koneohjaus/>.
- Nygård, F-E., Laitinen, P. & Mäkelä, A. 2017. Projekti-insinööri (Skanska Infra Oy), Työmaainsinööri (Skanska Infra Oy) & Projektinjohtaja (Liikennevirasto). Yhteishaastattelu Skype-puheluna 15.11.2017.
- Rakennustieto. 2017a. *Uusi Infra-nimikkeistö yhtenäistää alan käsitteistöä*. [Viitattu 17.11.2017] Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/index/ajankohtaista/tiedotteet/tiedotteet1/artikkelit/QSwfHt0mx.html.stx>.
- Rakennustieto. 2017b. *Infra-nimikkeistöjärjestelmä*. [Viitattu 17.11.2017] Saatavissa: https://www.rakennustieto.fi/index/tuotteet/nimikkeistot_21/infra-nimikkeistojarjestelma_5.html.
- Rakennustieto Oy. 2015. *Infra 2015 Rakennusosa- ja hankenimikkeistö Määramittausohje*. Tampere: Rakennustietosäätiö RTS. ISBN 978-952-267-082-3.
- Rakennustietosäätiö. 2013. *Infra TM -hanke lyhyesti*. Rakennustieto, InfraBIM Infratietomalli. [Viitattu 13.11.2017] Saatavissa: http://www.rts.fi/infra-bim/infra_tm_hanke_lyhyesti.htm.
- RIL (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry). 2006. *RIL 165-2 Liikenne ja väylät II*. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 591 s. ISBN 951-758-464-4.
- Ruuti, P., Janhunen, N. & Pienimäki, M. 2015. *Määrälaskenta ja kustannusarviot*. Yleiset inframallivaatimukset YIV2015, Osa 9 (v. 1.0). 21 s. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 22.11.2017] Saatavissa: https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2015/11/YIV2015_Mallinnusohjeet_OSA_9_Maaeraelaskenta_ja_kustannusarviot.pdf.
- Saaranen-Kauppinen, A. & Puusniekka, A. 2006a. *Haastattelu*. KvaliMOTV - Menetelmäopetuksen tietovaranto [verkkojulkaisu]. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoaristo. [Viitattu 18.11.2017] Saatavissa: http://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/kvali/L6_3.html.
- Saaranen-Kauppinen, A. & Puusniekka, A. 2006b. *Strukturoitu ja puolistrukturoitu haastattelu*. KvaliMOTV - Menetelmäopetuksen tietovaranto [verkkojulkaisu]. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoaristo. [Viitattu 18.11.2017] Saatavissa: http://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/kvali/L6_3_3.html.

- Saarnikko, J. 2016. *Infraomaisuuden hallinnan nimikkeistö*. Diplomityö. Aalto-yliopiston Insinööritieteiden korkeakoulu, Yhdyskunta- ja ympäristötekniikan laitos. Espoo. 108 s.
- Snellman, S. & Suntio, V. 2015. *Maanrakennustöiden toteutusmallin (koneohjausmalli) laadintaohje*. Yleiset inframallivaatimukset YIV2015, Osa 5.2 (v. 1.0). 20 s. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 13.11.2017] Saatavissa: https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/YIV2015_Mallinnusohjeet_OSA5_2_Vaylarakenteen_toteutusmallin_laatimisohje_V_1_0.pdf.
- Strafaci, A. 2014. *What does BIM mean for civil engineers?* Artikkelin nimi: Civil + Structural Engineer, julkaistu 29.1.2014. [Viitattu 19.11.2017] Saatavissa: <https://csengineermag.com/article/what-does-bim-mean-for-civil-engineers/>.
- Tiehallinto. 2007. *Yleissuunnittelu. Sisältö ja esitystapa*. Helsinki: Tiehallinto. 75 s. [Viitattu 30.5.2017] Saatavissa: <http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf/2100043-v-07-yleissuunnittelu.pdf>. ISBN 978-951-803-676-3 (sähköinen). ISBN 978-951-803-675-6 (painettu).
- Tiehallinto. 2008. *Tienrakentamisen mittausuunnitelman laatimisohje*. Helsinki: Tiehallinto. 43 s. [Viitattu 22.11.2017] Saatavissa: https://julkaisut.liikennevirasto.fi/thohje/pdf/2000024-v-08tienrakent_mittausuunn_laat.pdf. ISBN 978-952-221-034-0 (sähköinen)
- Tiehallinto. 2009a. *Tienpidon toimenpiteiden esiselvitysopas*. Helsinki: Tiehallinto. 27 s. [Viitattu 29.5.2017] Saatavissa: http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf/2100061-v-tienpidon_toimenpiteiden_esiselvitysopas.pdf. ISBN 978-952-221-260-3 (sähköinen). ISBN 978-952-221-259-7 (painettu).
- Tiehallinto. 2009b. *Tiesuunnitelmavaiheen asiakirjat – Sisältö ja esitystapa*. Helsinki: Tiehallinto. 80 s. [Viitattu 1.6.2017] Saatavissa: http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf/2100060-v-09-tiesuunnitelmavaiheen_asiakirjat.pdf. ISBN 978-952-221-248-1 (sähköinen). ISBN 978-952-221-247-4 (painettu).
- Virtanen, J. 2015. *Lähtötiedot*. Yleiset inframallivaatimukset YIV2015, Osa 3 (v. 1.0). 22 s. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 8.11.2017] Saatavissa: https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/YIV2015_Mallinnusohjeet_OSA3_Lahtotiedot_V_1_0.pdf.
- Yli-Villamo, H. & Petäjäniemi, P. 2013. *Rakentajain kalenteri 2013 – Allianssimalli*. Helsinki: Rakennustieto Oy. S. 57-66. [Viitattu 18.7.2017] ISSN 1799-9391 (e-kirja). Saatavissa: [https://www.rakennustieto.fi/bin/get/id/631CStSjs:\\$47\\$RK130202\\$46\\$pdf/RK130202.pdf](https://www.rakennustieto.fi/bin/get/id/631CStSjs:47RK130202$46$pdf/RK130202.pdf).

Liiteluettelo

Liite 1. Rakennussuunnitelman sisältö. 5 sivua.

Liite 2. Haastattelukysymykset. 4 sivua.

Liite 3. Haastatellut henkilöt. 1 sivu.

Liite 4. Ehdotus tien tietomallipohjaisen rakennussuunnitelman sisällöksi ja tarkkuudeksi. 12 sivua.

Liite 1. Rakennussuunnitelman sisältö

R1 RAKENNUSSUUNNITELMAN PERUSTIEDOT

- R1.1 Kansilehti
- R1.2 Kansioluettelo
- R1.3 Sisällysluettelo
- R1.4 Suunnitteluperusteet ja suunnittelijan testamentti/loppuraportti/loppuyhteen-
veto
- R1.5 Päätökset, lausunnot, luvat ja ilmoitukset
- R1.6 Riskienhallintasuunnitelma
- R1.7 Turvallisuusselvitys
- R1.8 Ympäristön seurantaohjelma
- R1.9 Hankkeen turvallisuusauditoinnin muistio

R2 YHTEISET ASIAKIRJAT

- R2.1 Asiakirjojen nimiösivu
- R2.2 Yleiskartta ja -pituusleikkaus
- R2.3 Työselostus
- R2.4 Maanomistajaluettelo

R3 PÄÄTIE

- R3.1 Suunnitelmakartta
- R3.2 Pituusleikkaus
- R3.3 Detaljipiirustukset
 - R3.3.1 Liittymäpiirustus
 - R3.3.2 Muut detaljipiirustukset
- R3.4 Päälysrakennetaulukko
- R3.5 Rakenteellinen tyypipoikkileikkaus
- R3.6 Paalukohtaiset poikkileikkaukset

R4 MUUT MAANTIET

R5 YKSITYISTIET

R6 KADUT

R7 RADAT

R8 MITTAUKSET

- R8.1 Mittaussuunnitelmaselostus
- R8.2 Mittausperusta
- R8.3 Mittausten yleiskartta
- R8.4 Mittauskartta
- R8.5 Mittaustiedostot

R9 POHJARAKENNUS

- R9.1 Pohjatutkimusraportti
- R9.2 Geoteknisen suunnittelun raportti
- R9.3 Pohjatutkimuskartta
- R9.4 Erikoistutkimukset
- R9.5 Pohjarakennuksen yleiskartta
- R9.6 Pohjarakennuskartta
- R9.7 Pohjarakennuksen leikkauspiirustus
- R9.8 Siltasuunnitelmaan sisällytettävät geotekniset asiakirjat

R10 VESIEN HALLINTA

- R10.1 Kuivatuskartta
- R10.2 Laskuojan pituusleikkaus
- R10.3 Hulevesiviemärin pituusleikkaus

- R10.4 Rumpuluettelo
- R10.5 Rumpupiirustus
- R10.6 Kaivokortti
- R10.7 Pohjaveden suojaus
- R10.8 Selkeytysaltaan piirustus
- R10.9 Hulevesipumppaamo
 - R10.9.1 Työselostus
 - R10.9.2 Pumppaamopiirustus
- R10.10 Peltosalaojien muutostyöt
- R11 JOHDOT JA LAITTEET
 - R11.1 Johtokartat
 - R11.2 Johtojen ja laitteiden suojaputkiluettelo
 - R11.3 Vesihuollon erikoispiirustukset
- R12 TIEYMPÄRISTÖ
 - R12.1 Tieympäristökartta
 - R12.2 Tieympäristön detaljipiirustukset
 - R12.3 Tietaidekohteen piirustukset
- R13 MASSAT JA MÄÄRÄT
 - R13.1 Massavarojen yhteenveto
 - R13.2 Alustava massansiirtosuunnitelma
 - R13.3 Paalukohtaiset massaluettelot
 - R13.4 Määräluettelot
 - R13.5 Kaideluettelo
 - R13.6 Maa-ainesten ottoalueet
 - R13.6.1 Maa-ainesten ottokartta
 - R13.6.2 Maa-ainesten ottopaikan leikkaukset
 - R13.6.3 Maa-ainesten ottopaikan viimeistely
 - R13.7 Läjitysalueet
 - R13.7.1 Läjitysalueen kartta
 - R13.7.2 Läjitysalueen leikkaukset
 - R13.8 Pilaantuneiden ja haitta-ainepitoisten maiden kunnostus
 - R13.8.1 Maankunnostuksen työselostus
 - R13.8.2 Maankunnostuskartta
- R14 TYÖNAIKAISEN LIIKENTEEJÄRJESTELYT
- R15 SILLAT
 - R15.1 Sillan rakennussuunnitelman tekstit ja luettelot
 - R15.2 Sillan rakennussuunnitelman piirustukset
- R16 MUUT TAITORAKENTEET
- R17 VALAISTUS
 - R17.1 Työselostus
 - R17.2 Määräluettelo
 - R17.3 Tievalaistuksen yleiskartta
 - R17.4 Tievalaistuskartta
 - R17.5 Tievalaistuksen tyyppipoikkileikkaus
 - R17.6 Tievalaistuksen pylväs- ja jalustaluettelo
 - R17.7 Tievalaistuksen suojaputkiluettelo
 - R17.8 Sillan valaistuspiirustus
 - R17.9 Tievalaistuksen sähköjärjestelmäpiirustukset
 - R17.10 Tunnelin valaistuskartta
 - R17.11 Tunnelivalaistuksen tyyppipoikkileikkaus
 - R17.12 Tunnelivalaistuksen kannatinrakenteet

- R17.13 Tunnelivalaistuksen sähköjärjestelmäpiirustukset
- R17.14 Tunnelivalaistuksen suojaputki- ja kaivoluettelo
- R18 KIINTEÄ LIIKENTEEN OHJAUS
 - R18.1 Työselostus
 - R18.2 Määräluettelo
 - R18.3 Kiinteä liikenteen ohjaus, Yleiskartta
 - R18.4 Kiinteä liikenteen ohjaus, Kartta
 - R18.5 Opastusmerkin mitoituspiirustus
 - R18.6 Kiinteä liikenteen ohjaus, Portaalin yleispiirustus
 - R18.7 Kiinteä liikenteen ohjaus, Portaaliluettelo
 - R18.8 Kiinteä liikenteen ohjaus, Perustettavan pylvään yleispiirustus
 - R18.9 Kiinteä liikenteen ohjaus, Perustettavien pylväiden luettelo
 - R18.10 Liikennemerkkiluettelo
- R19 LIIKENNEVALO-OHJAUS
 - R19.1 Suunnitelmaselostus
 - R19.2 Työkohtaiset laatuvaatimukset ja työselostus
 - R19.3 Määräluettelo
 - R19.4 Liikennevalo-ohjauksen yleiskartta
 - R19.5 Liikennevalo-ohjauksen kartta
 - R19.6 Liikennevalo-ohjauksen kaapelointikaavio
 - R19.7 Liikennevalo-ohjauksen suojaputkiluettelo
 - R19.8 Opastinryhmien ja ilmaisimien perusohjelmoinnin asiakirjat
 - R19.9 Laitetoimittajan laatimat asiakirjat
- R20 TELEMATIikka
 - R20.1 Liikenteenhallintajärjestelmän toimintaperiaatteet
 - R20.2 Telematiikan liikennetekninen järjestelmäkaavio
 - R20.3 Liikenteenhallinnan käyttöliittymän toiminnalliset vaatimukset
 - R20.4 Telematiikkalaitteiden toiminnalliset ja tekniset vaatimukset
 - R20.5 Telematiikan työselostus
 - R20.6 Määräluettelo
 - R20.7 Telematiikan laite- ja opasteluettelo
 - R20.8 Telematiikkakartta
 - R20.9 Telematiikan portaali- ja pylväsluettelo
 - R20.10 Telematiikan portaalien ja pylväiden yleispiirustus
 - R20.11 Telematiikan opasteiden mitoituspiirustukset
 - R20.12 Telematiikan sähkö-, tietoliikenne- ja ohjausjärjestelmäsuunnitelmat
 - R20.12.1 Periaate- ja järjestelmäkaaviot
 - R20.12.2 Luettelot
 - R20.12.3 Alustavat kokoonpanopiirustukset
 - R20.12.4 Pääkaaviot
 - R20.12.5 Piirikaaviot
 - R20.13 Telematiikan testaus ja käyttöönotto
 - R20.13.1 Testauksen ja käyttöönoton velvoitteet ja ohjeistus
 - R20.13.2 Telematiikan alustava käyttö- ja hoitoasiakirjan sisältö
 - R20.14 Laitetoimittajan laatimat asiakirjat
- R21 TUNNELIT
 - R21.1 Selostukset
 - R21.1.1 Tunnelin toiminnallinen riskianalyysi
 - R21.1.2 Tunnelin suunnitteluvaiheen turvallisuusasiakirja
 - R21.1.3 Työturvallisuusasiakirja
 - R21.1.4 Tunnelin betonirakenteiden laatuvaatimukset

- R21.1.5 Louhinta-, lujitus- ja tiivistystöiden työselostus
- R21.1.6 Tunnelirakenteiden työselitys
- R21.1.7 Teknisten ja laittilojen rakennustapaselostus
- R21.1.8 Kalliomekaaninen ja pohjaveden seurantaohjelma
- R21.1.9 Geologia
- R21.2 Määräluettelo
- R21.3 Yleispiirustukset
 - R21.3.1 Tunnelin yleispiirustus
 - R21.3.2 Tunnelin yleispituusleikkaus
 - R21.3.3 Tunnelin peruspoikkileikkaus
 - R21.3.4 Yhdyskäytävän yleispiirustus
 - R21.3.5 Poistumistien ovien ympäristö
 - R21.3.6 Hätaasema
 - R21.3.7 Teknisten järjestelmien yhteensovituspiirustus
- R21.4 Suuaukkokaivannot
 - R21.4.1 Suuaukon pohjapiirustus
 - R21.4.2 Suuaukon leikkauspiirustus
 - R21.4.3 Suuaukon seinämäpiirustus
 - R21.4.4 Suuaukon kanaalien ja kuoppien louhintapiirustus
- R21.5 Tunnelin kalliorakenteet
 - R21.5.1 Tunnelin pohjapiirustus
 - R21.5.2 Tunnelin pituusleikkaus
 - R21.5.3 Tunnelin louhintaprofiili
 - R21.5.4 Lujituksen tyypiprofiili
 - R21.5.5 Injektionnin tyypiprofiili
 - R21.5.6 Detalj kuvat
 - R21.5.7 Koordinaattiluettelo
- R21.6 Kalliotunnelin suuaukkorakenteet
- R21.7 Kalliotunnelin sisustusrakenteet
 - R21.7.1 Ruiskubetonirakenteet
 - R21.7.2 Elementtipiirustukset ja luettelot
 - R21.7.3 Elementtikaaviot
 - R21.7.4 Elementtien pultitus
- R21.8 Betonitunnelin rakenteet
- R21.9 Teknisten tilojen rakennukset
- R21.10 Muut piirustukset
 - R21.10.1 Kaapelikaivo
 - R21.10.2 Tunneliputken tunnus
 - R21.10.3 Poistumiskäytävän ovi
 - R21.10.4 Hätaasemaopaste
- R22 TUNNELEIDEN LVIA (LÄMPÖ, VESI, ILMASTOINTI, AUTOMAATIO) JA PALOTURVALLISUUS
- R22.1 Yhteiset asiakirjat
 - R22.1.1 Toimintakuvaus
 - R22.1.2 Työselostus
 - R22.1.3 Määräluettelot
 - R22.1.4 Tunnelin maanalaiset putkistot, Asemapiirustus
 - R22.1.5 Tunnelin LVIA-poikkileikkaus
- R22.2 Teknisten tilojen lämmitys ja jäähdytys
- R22.3 Käyttövesijohdot ja jätevesiviemärit
- R22.4 Kuivatus

- R22.5 Sammutusvesijärjestelmä
- R22.6 Ilmanvaihto ja savunpoisto
- R22.7 Palon sammutus/rajoitusjärjestelmä
- R22.8 Automaatio
- R22.9 Testaus ja käyttöönotto
- R22.10 Laitetoimittajan laatimat asiakirjat
- R23 TUNNELEIDEN SÄHKÖ-, TELE- JA TURVAJÄRJESTELMÄT
 - R23.1 Sähkö-, tele- ja turvajärjestelmien toimintakuvaus
 - R23.2 Työselostus
 - R23.3 Periaate- ja järjestelmäkaaviot
 - R23.4 Luettelot
 - R23.5 Piirustukset
 - R23.6 Sähkönjakelukaaviot
 - R23.7 Pääkaaviot
 - R23.8 Mallipiirikaaviot
 - R23.9 Mallikokoonpanopiirustukset
 - R23.10 Testaus ja käyttöönotto
 - R23.11 Laitetoimittajan laatimat asiakirjat
- R24 SUUNNITTELUAINEISTO
 - R24.1 Kustannusarvio
 - R24.2 Yhteensovituspiirustukset

Liite 2. Haastattelukysymykset

Diplomityössä käsitellään rakennussuunnitelmavaiheen tietomallintamista nykyisellään sekä tavoitetilanteessa, jossa koko suunnittelun ja rakentamisen aikainen prosessi toteutettaisiin tietomalleja hyödyntäen. Lisäksi työssä perehdytään tien rakennussuunnitelman sisältöön ja tutkitaan siltä pohjalta rakennussuunnitelmamallin sisältöä ja tarkkuusvaatimuksia. Työstä rajataan pois sillat ja tunnelit, mutta otetaan kantaa niiden liittymiseen teihin ja tierakenteisiin (siirtymärakenteet).

Haastattelun kannalta olennainen ohjeistus käsittää Tie- ja ratahankkeiden inframalliohjeen (Liikenneviraston ohjeita 12/2017) osat 2.4, 2.6, 3.5 ja 3.6 + liitteet 1, 2 ja 3 sekä Yleiset inframallivaatimukset -ohjesarjan osat 5.1, 5.2 ja 6. Lisäksi haastattelussa tullaan tukeutumaan liitteenä olevaan Tien rakennussuunnitelma - sisältö ja esitystapa -ohjeen (Liikennevirasto 2013) pohjalta laadittuun rakennussuunnitelmamallin sisältö ja tarkkuus -taulukkoon. Taulukossa esitetään sarakkeissa ”Mallinnetaanko” ja ”Esitystapa mallissa” tavoitetilanteeseen perustuva jaottelu ja sarakkeissa ”Rakennusosa”, ”Rakennusosan kuvaus” ja ”Mallinnustarkkuus” kyseiseen suunnitelman osaan keskeisesti liittyvät rakennusosat ja niiden mallinnustarkkuus nykyisen ohjeistuksen mukaan.

Edellä mainitut julkaisut löytyvät täältä:

- http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lo_2017-12_tie_ratahankkeiden_web.pdf
- <https://buildingsmart.fi/infrabim/yiv/>
- http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lo_2013-44_tien_rakennussuunnitelma_web.pdf

Haastattelukysymykset:

1. Monessako tietomallipohjaisessa hankkeessa olette olleet mukana ja minkälaisia kokemuksia teillä on niistä?
2. Miten hyvin YIV-ohjesarja ja Tie- ja ratahankkeiden inframalliohje palvelevat rakennussuunnitteluvaihetta ja rakentamista?
Onko niiden mukainen viisiportainen mallintamisen tarkkuusasteikko mielestänne hyvä?
Tulisiko tasoja olla enemmän tai vähemmän vai pitäisikö nykyisiin tehdä jotain muutoksia tai tarkennuksia?

Värikoodi	Mallinnustarkkuus
	Lähtökohtaisesti ei mallinneta. Voidaan sopia hankekohtaisesti.
	Mallinnetaan osien ulkopinnat. Ei vaadita tilavuusominaisuuksia; 2D-pinta, aluerajaus tai taiteviiva riittää.
	Mallinnetaan osat 3-ulotteisina kappaleina, pintoina, taiteviivoina. Objektien ominaisuustiedoista kerrotaan vain ko. suunnitteluvaiheessa olennaiset asiat.
	Mallinnetaan täydellinen kuvaus rakenteesta.
	Mallinnus ja sen tarkkuustaso sovitaan hankekohtaisesti.

3. Tien rakennussuunnitelma - sisältö ja esitystapa -ohjeessa on kuvattu perinteinen rakennussuunnitelma.
Voitaisiinko joistain kyseisen ohjeen asioista tai vaatimuksista luopua täysin tietomallipohjaisessa suunnitelmassa? (esim. päällekkäisyydet)
Miten kyseinen tieto tässä tapauksessa esitettäisiin?
Mikä on edelleen olennaista, kun siirrytään täysin tietomallipohjaiseen rakennussuunnitteluun ja rakentamiseen?
Minkälainen visio (esim. hyödyt, haitat, vaiheistus jne.) teillä on siirtymävaiheesta, kun edetään nykytilan mukaisesta rakennussuunnittelusta ja rakentamisesta täysin tietomallipohjaiseen rakennussuunnitteluun ja rakentamiseen?
4. Miten urakoitsija hyödyntää rakennussuunnitelmamallia toteutusmallia tehtäessä?
Mitkä ovat rakennussuunnitelmamallin ja toteutusmallin erot?
Mitkä ovat rakennussuunnitelmamallin yleisimpiä puutteita tai miten rakennussuunnitelmamallia voisi kehittää paremmin tarkoitusta palvelevaksi?
Mitä asioita rakennussuunnitelman mallintamisessa pitäisi huomioida, jotta ne palvelisivat toteutusmallin tai -tietojen kokoamista paremmin?
5. Tiehankkeissa käytetään urakkamuotoina pääasiassa kokonaisurakkaa, ST-urakkaa, elinkaarimallia ja allianssimallia.
Onko käytettävällä urakkamuodolla tällä hetkellä mielestänne vaikutusta tietomallintamiseen rakennussuunnittelussa? Jos on, niin mitä vaikutuksia?
Olisiko mielestänne urakkamuodolla vaikutusta täysin tietomallipohjaiseen rakennussuunnitelmaan?
6. Mitkä ovat kokemuksenne IFC- ja LandXML-standardeista sekä IFC- ja Infra-model-tiedonsiirrosta?
Onko toinen mielestänne parempi tai käytettävämpi kuin toinen ja miksi niin?
7. Tulisiko jotain rakennussuunnitelman perustiedoissa (R1) esitettyjä asioita mallintaa? Miten niitä voitaisiin mallintaa, jotta ne palvelisivat tarkoitusta mahdollisimman hyvin? (Esim. riskienhallintasuunnitelma, turvallisuusselvitys, ympäristön seurantaohjelma jne.)
8. Tie- ja maarakenteet

Mihin asioihin detaljipiirustuksia vastaavissa mallin osissa tulisi kiinnittää erityisesti huomiota? (Esim. liittymät, siirtymärakenteet, kaivannot jne.)

Mitä kehitettävää mallien tai objektien ominaisuustiedoissa, tiedonsiirtoformaateissa tai ohjelmistoissa on ko. tekniikkalajin osalta?

Onko mielestänne kyseisen tekniikkalajin kohteiden mallinnustarkkuus riittävä?

9. Pohjarakennus

Tulisiko pohjatutkimustiedot esittää mallissa? Jos esitetään, niin miten ja millä tarkkuudella?

Mitä kehitettävää mallien tai objektien ominaisuustiedoissa, tiedonsiirtoformaateissa tai ohjelmistoissa on ko. tekniikkalajin osalta?

Onko mielestänne kyseisen tekniikkalajin kohteiden mallinnustarkkuus riittävä?

10. Vesien hallinta

Miten ja millä tarkkuudella pinta- ja pohjavedet tulisi esittää mallissa?

Millä tarkkuudella putkijohtokaivannot ja niiden täytöt tulisi mallintaa?

Mitä kehitettävää mallien tai objektien ominaisuustiedoissa, tiedonsiirtoformaateissa tai ohjelmistoissa on ko. tekniikkalajin osalta?

Onko mielestänne kyseisen tekniikkalajin kohteiden mallinnustarkkuus riittävä?

11. Johdot ja laitteet

Miten ja millä tarkkuudella johtosiirrot tulisi mallintaa?

Mitä kehitettävää mallien tai objektien ominaisuustiedoissa, tiedonsiirtoformaateissa tai ohjelmistoissa on ko. tekniikkalajin osalta?

Onko mielestänne kyseisen tekniikkalajin kohteiden mallinnustarkkuus riittävä?

12. Tieympäristö

Tieympäristön kannalta suojeltavat kohteet ovat yleensä merkittäviä. Tulisiko niiden mallintamiseen ja mallinnustarkkuuteen kiinnittää erityistä huomiota?

Miten ja millä tarkkuudella kasvualustojen mallintaminen tulisi tehdä?

Mitä kehitettävää mallien tai objektien ominaisuustiedoissa, tiedonsiirtoformaateissa tai ohjelmistoissa on ko. tekniikkalajin osalta?

Onko mielestänne kyseisen tekniikkalajin kohteiden mallinnustarkkuus riittävä?

13. Massat ja määrät

Mitä haasteita näette mallipohjaisessa massa- ja määrälaskennassa?

Tulisiko massojen ja määrien mallintamisessa siirtyä tilavuusmalleihin? Mitä haasteita, hyötyjä tai haittoja näkisitte tilavuusmalleissa?

Mitä kehitettävää mallien tai objektien ominaisuustiedoissa, tiedonsiirtoformaateissa tai ohjelmistoissa on ko. tekniikkalajin osalta?

Onko mielestänne kyseisen tekniikkalajin kohteiden mallinnustarkkuus riittävä?

14. Sillat ja tunnelit

Miten ja millä tarkkuudella tietomallipohjaisessa suunnitelmassa tulisi käsitellä siltojen ja tunneleiden liittyminen tie- ja maarakenteisiin?

15. Muut taitorakenteet

Mitä kehitettävää mallien tai objektien ominaisuustiedoissa, tiedonsiirtoformaateissa tai ohjelmistoissa on ko. tekniikkalajin osalta?

Onko mielestänne kyseisen tekniikkalajin kohteiden mallinnustarkkuus riittävä?

16. Valaistus

Mitä kehitettävää mallien tai objektien ominaisuustiedoissa, tiedonsiirtoformaateissa tai ohjelmistoissa on ko. tekniikkalajin osalta?

Onko mielestänne kyseisen tekniikkalajin kohteiden mallinnustarkkuus riittävä?

17. Kiinteä liikenteen ohjaus

Mitä kehitettävää mallien tai objektien ominaisuustiedoissa, tiedonsiirtoformaateissa tai ohjelmistoissa on ko. tekniikkalajin osalta?

Onko mielestänne kyseisen tekniikkalajin kohteiden mallinnustarkkuus riittävä?

18. Liikennevalo-ohjaus

Mitä kehitettävää mallien tai objektien ominaisuustiedoissa, tiedonsiirtoformaateissa tai ohjelmistoissa on ko. tekniikkalajin osalta?

Onko mielestänne kyseisen tekniikkalajin kohteiden mallinnustarkkuus riittävä?

19. Telematiikka

Mitä kehitettävää mallien tai objektien ominaisuustiedoissa, tiedonsiirtoformaateissa tai ohjelmistoissa on ko. tekniikkalajin osalta?

Onko mielestänne kyseisen tekniikkalajin kohteiden mallinnustarkkuus riittävä?

20. Tuleeko vielä jotain mieleen? Jäikö mielestänne jotain olennaista käsittelemättä?

Liite 3. Haastatellut henkilöt

Päivämäärä	Nimi	Titteli tai tehtävänimike	Organisaatio
16.8.2017	Petteri Palviainen	Tietomalliasiantuntija	Novatron Oy
22.8.2017	Ville Suntio	Projekti- ja kehityspäällikkö	Destia Oy
23.8.2017 Yhteishaastattelu	Jere Keskinen	Teknisen toimiston päällikkö	YIT Rakennus Oy
	Jari Pelkonen	Tietomalliasiantuntija	YIT Rakennus Oy
23.8.2017 Yhteishaastattelu	Timo Karhumäki	Yksikön päällikkö, investoinnit	Kaakkois-Suomen ELY-keskus / Eteläinen hankinta-alue
	Tapani Miettinen	Projektipäällikkö	Kaakkois-Suomen ELY-keskus / Eteläinen hankinta-alue
	Sami Mankonen	Projektipäällikkö	Uudenmaan ELY-keskus
24.8.2017 Skypehaastattelu	Harri Taina	Mittauspäällikkö	Skanska Infra Oy
31.8.2017	Jari Kainuvaara	Tietomallikoordinaattori	Espoon kaupunki
5.9.2017	Maiju Kivioja-Korhonen	Projektipäällikkö	Espoon kaupunki
7.9.2017	Harri Liikanen	Projektipäällikkö	Liikennevirasto
15.9.2017	Mikko Alilonttinen	Projektipäällikkö	Ramboll Finland Oy
15.9.2017	Tiina Perttula	Johtaja, InfraBIM	Ramboll Finland Oy
16.10.2017 Yhteishaastattelu	Matti Heikkilä	Palvelupäällikkö	Sito Oy
	Pekka Karhapää	Vanhempi suunnittelija	Sito Oy

Liite 4. Ehdotus tien tietomallipohjaisen rakennussuunnitelman sisällöksi ja tarkkuudeksi

Nro	Suunnitelman osa	Mallinnetaanko?	Esitystapa mallissa	Rakennusosa	Rakennusosan kuvaus	Mallinnustarkkuus	Huomioita
R1	RAKENNUSSUUNNITELMAN PERUSTIEDOT						
R1.1	Kansilehti	Ei	Ei esitetä				
R1.2	Kansioluettelo	Ei	Ei esitetä				
R1.3	Sisällysluettelo	Ei	Liite				
R1.4	Suunnitteluperusteet ja suunnittelijan testamenti/loppuraportti/loppuyhteenveto	Ei	Liite				
R1.5	Päätökset, lausunnot, luvat ja ilmoitukset	Ei	Liite				Paikkatietosisidonnaisia kohteita voidaan esittää mallissa
R1.6	Riskienhallintasuunnitelma	Ei	Liite				Paikkatietosisidonnaisia kohteita voidaan esittää mallissa
R1.7	Turvallisuusselvitys	Ei	Liite				Paikkatietosisidonnaisia kohteita voidaan esittää mallissa
R1.8	Ympäristön seurantaohjelma	Ei	Liite				Paikkatietosisidonnaisia kohteita voidaan esittää mallissa
R1.9	Hankkeen turvallisuusauditoinnin muistio	Ei	Liite				
R2	YHTEISET ASIAKIRJAT						
R2.1	Asiakirjojen nimiösiivu	Ei	Ei esitetä				
R2.2	Yleiskartta ja -pituusleikkaus	Ei	Liite				Paikkatietosisidonnaisia kohteita voidaan esittää mallissa
R2.3	Työselostus	Ei	Liite				Mahdollisesti rajapintana aineistopalveluun
R2.4	Maanomistajaluettelo	Ei	Liite				
R3	PÄÄTIE						
R3.1	Suunnitelmapakettia	Kyllä	Näkymä				
	Nykytiedot	Ei					Voidaan esittää tarvittaessa mallissa
	Koordinaattitiedot	Ei					Voidaan esittää tarvittaessa mallissa
	Pohjoisnuoli	Ei					
	Olemassa olevat tiet ja tieyhteydet	Kyllä	Pintamalli	C	Lähtötietomalli		
	Kuntien rajat	Kyllä	Aluerajaus	D	Lähtötietomalli		
	Kuntien nimet	Kyllä		D	Lähtötietomalli		Kunnan rajan metatietona
	Kiinteistöjen rajat	Kyllä	Aluerajaus	D	Lähtötietomalli		Kiinteistön rajan metatietona
	Kiinteistöjen rekisterinumerot	Kyllä	3D-objekti	C	Lähtötietomalli		
	Rakennukset	Kyllä	3D-objekti	C	Lähtötietomalli		
	Rakenteet	Kyllä	3D-objekti	C	Lähtötietomalli		
	Merkittävät ilmajohdot	Kyllä	3D-objekti	C	Lähtötietomalli		
	Suojelukohdeet	Kyllä	Aluerajaus	D	Lähtötietomalli		Tarvittaessa myös 3D-objekteina
	Pohjavesialueet	Kyllä	2D- tai 3D-pinta	L018	Pohjavesi	3D kpi, pinnat, viivat	Lähtötietomalli, osa B
	Rajatiedot						
	Rakennussuunnitelman rajat	Kyllä	Aluerajaus	D	Lähtötietomalli		

Nro	Suunnitelman osa	Mallinnetaanko?	Esitystapa mallissa	Rakennusosa	Rakennusosan kuvaus	Mallinnustarkkuus	Huomioita
	Alku- ja loppupaalu	Kyllä		D	Lähtötietomalli		Sisällytetään mittalinjaan
	Tiealueen rajat	Kyllä	Aluerajaus	D	Lähtötietomalli		
	Suojaj-alueen rajat	Kyllä	Aluerajaus	D	Lähtötietomalli		
	Rakennustyön alkaiset haltuunottoalueen rajat	Kyllä	Aluerajaus	D	Lähtötietomalli		
	Asemakaava-alueen rajat	Kyllä	Aluerajaus	D	Lähtötietomalli		
	Liikennealueen rajat asemakaava-alueella	Kyllä	Aluerajaus	D	Lähtötietomalli		
	Yksityisten telden tiealueet	Kyllä	Aluerajaus	D	Lähtötietomalli		
	Katualueiden rajat asemakaavojen mukaan	Kyllä	Aluerajaus	D	Lähtötietomalli		
	Laskuja-alueet (ml. Laskujohdot)	Kyllä	Aluerajaus	D	Lähtötietomalli		
	Vesien selkeytyslaitaiden rajat	Kyllä	Aluerajaus	D	Lähtötietomalli		
	Maantien liitännäisalueet	Kyllä	Aluerajaus	D	Lähtötietomalli		
	Liikennettä palvelevat alueet	Kyllä	Aluerajaus	D	Lähtötietomalli		
	Tienpitoalueen ottoalueet	Kyllä	Aluerajaus	D	Lähtötietomalli		
	Varastoalueet	Kyllä	Aluerajaus	D	Lähtötietomalli		
	Läjäytysalueet	Kyllä	Aluerajaus	D	Lähtötietomalli		
	Suunnitelman liittyminen toiseen suunnitelmaan	Ei	Liite				Voidaan esittää myös tekstinä mallissa
	Suunnitellut tiet ja rakenteet						
	Maantiet (ml. Jkpp, katu, Y-tie, rata)	Kyllä	Väylämalli				
	Liittymät ja katkaistavat liittymät	Kyllä	Väylämalli				
	Kunnossapidon kääntöpaikat ja keskialueen ylityskohdat	Kyllä	Väylämalli	L002	Muut geometrialinjat	3D kpl, pinnat, viivat	
	Väylien mittalinjat ja paalulukemat	Kyllä	Väylämalli	L001	Vaaka- ja pystygeometria	3D kpl, pinnat, viivat	
	Tielinjan elementtien arvot ja muutokset	Kyllä	Väylämalli	L001	Vaaka- ja pystygeometria	3D kpl, pinnat, viivat	
	Kaistajärjestelyt	Kyllä	3D-viiva	3263	Tieterkinnat	ulkopinnat	
	Kanavoinnit	Kyllä	3D-viiva	3263	Tieterkinnat	ulkopinnat	
	Saarekkeet	Kyllä	Viivat ja pinnat	L002	Muut geometrialinjat	3D kpl, pinnat, viivat	
	Suojatiet	Kyllä	3D-viiva	3263	Tieterkinnat	ulkopinnat	
	Pysäkit	Kyllä	3D-objekti	4610	Suojat	3D kpl, pinnat, viivat	
	Hidasteet	Kyllä	3D-objekti	3250	Eritysrakenteet	täydellinen	
	Työn ajaksi varattavat yksityistiet	Kyllä	Aluerajaus	L015	Työnaikaiset tieoikeudet ja muut rasitteet	ulkopinnat	
	Näkemäraivaukset	Kyllä	Aluerajaus	L022	Näkemäraivaukset	ulkopinnat	
	Näkemäleikkaukset	Kyllä	Pintamalli	1610	Maaleikkaukset	3D kpl, pinnat, viivat	Voidaan havainnollistaa myös visuaalisesti
		Kyllä	Pintamalli	1710	Kallioavoleikkaukset	täydellinen	
	Pysäköintialueet	Kyllä	Väylämalli	L001	Vaaka- ja pystygeometria	3D kpl, pinnat, viivat	
		Kyllä	Väylämalli	L002	Muut geometrialinjat	3D kpl, pinnat, viivat	
	Liityntäpysäköintialueet	Kyllä	Väylämalli	L001	Vaaka- ja pystygeometria	3D kpl, pinnat, viivat	
		Kyllä	Väylämalli	L002	Muut geometrialinjat	3D kpl, pinnat, viivat	
	Levhdysalueet	Kyllä	Väylämalli	L001	Vaaka- ja pystygeometria	3D kpl, pinnat, viivat	
		Kyllä	Väylämalli	L002	Muut geometrialinjat	3D kpl, pinnat, viivat	

Nro	Suunnitelman osa	Mallinnetaanko?	Esitystapa mallissa	Rakennusosa	Rakennusosan kuvaus	Mallinnustarkkuus	Huomioita
	Varasto- ja kuorma-alueet	Kyllä	Väylämalli	L001	Vaaka- ja pystygeometria	3D kpl, pinnat, viivat	
	Teknisen huollon alueet	Kyllä	Väylämalli	L002	Muut geometrialinjat	3D kpl, pinnat, viivat	
		Kyllä	Väylämalli	L001	Vaaka- ja pystygeometria	3D kpl, pinnat, viivat	
		Kyllä	Väylämalli	L002	Muut geometrialinjat	3D kpl, pinnat, viivat	
	Sillat rekisteritietoineen	Kyllä	Siltamalli (IFC)				
	Tukimuurit	Kyllä	3D-objekti	4421	Tukimuurit	täydellinen	
	Meluseinät	Kyllä	3D-objekti	4511	Meluseinät	3D kpl, pinnat, viivat	Perustusrakenteet mallinnettava
	Meluvallit	Kyllä	Väylämalli	L002	Muut geometrialinjat	3D kpl, pinnat, viivat	
	Melukaiteet	Kyllä	3D-objekti	4512	Melukaiteet	3D kpl, pinnat, viivat	Perustusrakenteet mallinnettava
	Suoja-aidat	Kyllä	3D-objekti	3220	Aidat, puomit ja portit	3D kpl, pinnat, viivat	
	Riista-aidat	Kyllä	3D-objekti	3220	Aidat, puomit ja portit	3D kpl, pinnat, viivat	
	Maaston muotoilu	Kyllä	Viivat ja pinnat	L024	Maaston muotoilu	3D kpl, pinnat, viivat	
	Rummut	Kyllä	3D-objekti	1435	Rumpuputket	täydellinen	
	Laskuojat	Kyllä	Väylämalli	1434	Avo-ojat ja -uomat	täydellinen	Havainnollisuus, virtausuuntanuolet
	Sadevesipumppaamot	Kyllä	3D-objekti	3120	Hulevesiviemärit	täydellinen	
	Laskujohdot	Kyllä	3D-objekti	3120	Hulevesiviemärit	täydellinen	
	Vesien keräysaltaat	Kyllä	Viivat, pinnat, 3D-objekti	1620	Maakaivannot	3D kpl, pinnat, viivat	1629 - Muut maakaivannot
	Pohjaveden suojauksen alueet	Kyllä	Viivat, pinnat, 3D-objekti	3120	Hulevesiviemärit	täydellinen	3127 - Hulevesialtaat
	Purettavat ja/tai siirrettävät rakennukset	Kyllä	Viivat, pinnat, 3D-objekti	1423	Pohjavedensuojaukset	3D kpl, pinnat, viivat	
		Kyllä	3D-objekti	1120	Poistettavat, siirrettävät ja suojattavat rakenteet	ulkopinnat	
	Muut purettavat/katkaistavat rakenteet ja tiet	Kyllä	3D-objekti	1120	Poistettavat, siirrettävät ja suojattavat rakenteet	ulkopinnat	
	Varamaan ottopaikat	Kyllä	Aluerajaus	L010	Maanotto- ja lajitysalueet	ulkopinnat	Kerroksittain rakennettavat mallinnettava tarkemmin
	Lajitysalueet	Kyllä	Aluerajaus	L010	Maanotto- ja lajitysalueet	ulkopinnat	Kerroksittain rakennettavat mallinnettava tarkemmin
	Vastapenkereet	Kyllä	Viivat ja pinnat	1811.5	Vastapenkereet	täydellinen	
	Kevennysleikkaukset	Kyllä	Viivat ja pinnat	1610	Maaleikkaukset	3D kpl, pinnat, viivat	
	Vesistönruoppausalueet	Kyllä	Viivat ja pinnat	1640	Vedenalaiset maaleikkaukset ja -kaivannot	3D kpl, pinnat, viivat	
R3.2	Viittaukset tarkentaviin piirustuksiin	Ei	Liite				
	Pituusleikkaus	Kyllä	Väylämalli				
	Maanpinta	Kyllä	Pintamalli	A	Lähtötietomalli		
	Kallionpinta	Kyllä	Pintamalli	B	Lähtötietomalli		Perustuu pohjatutkimuksiin.
		Kyllä	Pintamalli	L019	Kalliopinta	3D kpl, pinnat, viivat	
	Nykyisen tien pinta	Kyllä	Pintamalli	C	Lähtötietomalli		
	Ristevien ja liittyvien väylien ja liittymien paikat, nimet ja tunnuks	Kyllä	Väylämalli	L001	Vaaka- ja pystygeometria	3D kpl, pinnat, viivat	Mittalinjan attribuuttina
	Sillat (nimet, hyötyleveydet, aukkomitat)	Kyllä	Siltamalli (IFC)				
	Tien paalulukema	Kyllä	Väylämalli	L001	Vaaka- ja pystygeometria	3D kpl, pinnat, viivat	
	Tien korkeusase	Kyllä	Väylämalli	L001	Vaaka- ja pystygeometria	3D kpl, pinnat, viivat	

Nro	Suunnitelman osa	Mallinnetaanko?	Esitystapa mallissa	Rakennusosa	Rakennusosan kuvaus	Mallinnustarkkuus	Huomioita
	Tien tasausviivan geometriset elementit ja taitepisteet	Kyllä	Väylämalli	L001	Vaaka- ja pystygeometria	3D kpl, pinnat, viivat	
	Tien pituuskaltevuus desimaalilukuna	Kyllä	Väylämalli	L001	Vaaka- ja pystygeometria	3D kpl, pinnat, viivat	Voidaan katsoa mallista
	Rampin tasaus lyhyeltä matkalta rampin nokasta rampin suuntaan	Ei					
	Kaarevuuskuvaaja	Kyllä	Väylämalli	L001	Vaaka- ja pystygeometria	3D kpl, pinnat, viivat	
	Sivukaltevuuskuvaaja	Kyllä	Väylämalli	L001	Vaaka- ja pystygeometria	3D kpl, pinnat, viivat	Mittalinjan attribuuttina
	Päälysrakenne	Kyllä	Viivat ja pinnat				
	Siirtymäkilat	Kyllä	Viivat ja pinnat	2150	Siirtymärakenteet	ulkopinnat	
	Liikenteellinen peruspaikillekaustyyppi	Ei	Liite				
	Kuormitusluokka	Ei	Liite				
	Routamitoituksen vaatimusluokka	Ei	Liite				
	Maa-, kallioleikkaus-, penger- ja massanvaihtomassat	Ei	Autom. luettelo				
	Kalrausdiagrammit	Kyllä	2D-objekti	L021	Maa- ja kallioleikkaus- ja -penger- ja massanvaihtomassat	ulkopinnat	Infra-pohjatutkimusformaatti
	Pohjarakennustoimenpiteet	Kyllä	Pintamalli				
	Tierakenteiden vahvistet	Kyllä	Viivat, pinnat, 3D-objekti	1415	Lujitetut maarakenteet	täydellinen	
	Pohjavedensuojau	Kyllä	Viivat, pinnat, 3D-objekti	1423	Pohjavedensuojaukset	3D kpl, pinnat, viivat	
	Rummut	Kyllä	3D-objekti	1435	Rumpuputket	täydellinen	
	Risteävät johdot	Kyllä	3D-objekti				
	Meluesteet	Kyllä	3D-objekti	4511	Meluseinät	3D kpl, pinnat, viivat	Perustusrakenteet mallinnettava
		Kyllä	3D-objekti	4512	Melukaiteet	3D kpl, pinnat, viivat	Perustusrakenteet mallinnettava
	Tiekaiteet	Kyllä	3D-objekti	3210	Kaiteet, johteet ja törmäyssuojat	3D kpl, pinnat, viivat	Perustusrakenteet mallinnettava
	Vesistöjen pinnan korkeudet (HW, MW, NW, mitattu korkeus, pvm)	Kyllä	Pintamalli	L025	Vesistöjen pinnat	ulkopinnat	
	Vesistönruoppaus	Kyllä	Viivat ja pinnat	1640	Vedenalaiset maaleikkaukset ja -kaivannot	3D kpl, pinnat, viivat	
R3.3	Detallipiirustukset	Kyllä	Väylämalli				
R3.3.1	Liittymäpiirustus	Kyllä	Väylämalli				
	Tiejärjestelyt tunnuksineen	Kyllä	Väylämalli				
	Sillat tunnuksineen	Kyllä	Siltamalli (IFC)				
	Väylien mittalinjat ja paalulukemat	Kyllä	Väylämalli	L001	Vaaka- ja pystygeometria	3D kpl, pinnat, viivat	
	Väylien korokkeiden ja kaarteiden geometriatiedot	Kyllä	Viivat ja pinnat	L002	Muut geometrialinjat	3D kpl, pinnat, viivat	
	Tiealueen rajat	Kyllä	Aluerajaus	D	Lähtötietomalli		
	Liikennealueen rajat	Kyllä	Aluerajaus	D	Lähtötietomalli		Voidaan esittää tarvittaessa mallissa
	Koordinaattitietojen koordinaattitieteen	Ei					Määrittely InfraBIM-nimikkeistössä
	Tiepintojen korkeusasema korkeuskäyrinä (yleensä 10 cm välein)	Kyllä	Väylämalli		Ylin yhdistelmäpinta		
	Tukipientareen reunat	Kyllä	Viivat ja pinnat	L002	Muut geometrialinjat	3D kpl, pinnat, viivat	

Nro	Suunnitelman osa	Mallinnetaanko?	Esitystapa mallissa	Rakennusosa	Rakennusosan kuvaus	Mallinnustarkkuus	Huomioita
	<i>Asfaltin reunat</i>	Kyllä	Viivat ja pinnat	2140	Päällysteet ja pintarakenteet	täydellinen	
	<i>Reunatuet (+ korko asfaltin pinnasta)</i>	Kyllä	Viivat ja pinnat	2140	Päällysteet ja pintarakenteet	täydellinen	
	<i>Kiveykset</i>	Kyllä	Viivat ja pinnat	2140	Päällysteet ja pintarakenteet	täydellinen	
	<i>Tiekaiteet</i>	Kyllä	3D-objekti	3210	Kaiteet, johteet ja törmäyssuojat	3D kpl, pinnat, viivat	Perustusrakenteet mallinnettava
	<i>Melukaiteet</i>	Kyllä	3D-objekti	4512	Melukaiteet	3D kpl, pinnat, viivat	Perustusrakenteet mallinnettava
	<i>Meluseinät</i>	Kyllä	3D-objekti	4511	Meluseinät	3D kpl, pinnat, viivat	Perustusrakenteet mallinnettava
	<i>Tukimuurit</i>	Kyllä	3D-objekti	4421	Tukimuurit	täydellinen	
	<i>Kaivot</i>	Kyllä	3D-objekti	3120	Hulevesiviemärit	täydellinen	
	<i>Rummut</i>	Kyllä	3D-objekti	1435	Rumpuputket	täydellinen	
	<i>Johdot</i>	Kyllä	3D-objekti				
	<i>Laitteet</i>	Kyllä	3D-objekti				
	<i>Suojaputket/kaapellireitit</i>	Kyllä	3D-objekti				
	<i>Valaistuksen jalustat tunnuksineen</i>	Kyllä	3D-objekti	3360	Valaistusrakenteet	3D kpl, pinnat, viivat	
	<i>Kiinteän liikenteen ohjauksen jalustat tunnuksineen</i>	Kyllä	3D-objekti	3261	Liikenne- ja opastusmerkit	3D kpl, pinnat, viivat	
	<i>Telematiikan jalustat tunnuksineen</i>	Kyllä	3D-objekti	3264	Informaatiotaulut	3D kpl, pinnat, viivat	
	<i>Liikennevalojen jalustat tunnuksineen</i>	Kyllä	3D-objekti	3331	Pylväät	3D kpl, pinnat, viivat	Perustusrakenteet mallinnettava
	<i>Portaalien vaakapalkit</i>	Kyllä	3D-objekti	3334	Portaalit	3D kpl, pinnat, viivat	Perustusrakenteet mallinnettava
	<i>Tiimerkinnt</i>	Kyllä	3D-objekti	3262	Liikennevalot ja valo-opasteet	3D kpl, pinnat, viivat	Perustusrakenteet mallinnettava
	<i>Maaliviivat</i>	Kyllä	3D-objekti	3334	Portaalit	3D kpl, pinnat, viivat	Perustusrakenteet mallinnettava
	<i>Reunatukilinjat</i>	Kyllä	3D-objekti	3263	Tiimerkinnt	ulkopinnat	
	<i>Korakelinjat</i>	Kyllä	3D-objekti	L002	Muut geometrialinjat	3D kpl, pinnat, viivat	
	<i>Muut detailiirustukset</i>	Kyllä	3D-objekti	L002	Muut geometrialinjat	3D kpl, pinnat, viivat	
R3.3.2	<i>Pysäkit</i>	Kyllä	3D-objekti	L002	Muut geometrialinjat	3D kpl, pinnat, viivat	
	<i>Pysäköintialueet</i>	Kyllä	3D-objekti	L002	Muut geometrialinjat	3D kpl, pinnat, viivat	
	<i>Levähdysalueet</i>	Kyllä	3D-objekti	L002	Muut geometrialinjat	3D kpl, pinnat, viivat	
	<i>Informaatiotaulut</i>	Kyllä	3D-objekti	4610	Suojat	3D kpl, pinnat, viivat	
	<i>Katokset</i>	Kyllä	3D-objekti	L001	Vaaka- ja pystygeometria	3D kpl, pinnat, viivat	
	<i>Telineet</i>	Kyllä	3D-objekti	L002	Muut geometrialinjat	3D kpl, pinnat, viivat	
	<i>Kalusteet</i>	Kyllä	3D-objekti	L001	Vaaka- ja pystygeometria	3D kpl, pinnat, viivat	
	<i>Päällysrakennetaulukko</i>	Kyllä	3D-objekti	L002	Muut geometrialinjat	3D kpl, pinnat, viivat	
R3.4	<i>Tierakenteen tyyppi</i>	Ei	Liite	3264	Informaatiotaulut	3D kpl, pinnat, viivat	Perustusrakenteet mallinnettava
	<i>Tierakenteen vaatimusluokka</i>	Ei	Liite	4610	Suojat	3D kpl, pinnat, viivat	
	<i>Tavoitekantavuus</i>	Ei	Liite	4620	Kalusteet ja varusteet	3D kpl, pinnat, viivat	
	<i>Deformaatioluokka</i>	Ei	Liite	4620	Kalusteet ja varusteet	3D kpl, pinnat, viivat	
	<i>Mitoittava roudan syvyys</i>	Ei	Liite				
	<i>Sallittu laskennallinen routanousu</i>	Ei	Liite				

Nro	Suunnitelman osa	Mallinnetaanko?	Esitystapa mallissa	Rakennusosa	Rakennusosan kuvaus	Mallinnustarkkuus	Huomioita
	<i>Tierakenteen kerrasraksuudet ja kantavuusvaatimukset eri alusrakenneluokissa</i>	Kyllä	Viivat ja pinnat				
	<i>Pituusleikkauksessa esitettävä merkintä</i>	Kyllä	Viivat ja pinnat		Suodatinkerrokset	täydellinen	
		Kyllä	Viivat ja pinnat	2111	Suodatinkankaat	ulkopinnat	
		Kyllä	Viivat ja pinnat	2112	Jakavat kerrokset,	täydellinen	
		Kyllä	Viivat ja pinnat	2120	eristyskerrokset ja välikerrokset		
		Kyllä	Viivat ja pinnat	2131	Sitomattomat kantavat kerrokset	täydellinen	
		Kyllä	Viivat ja pinnat	2132	Sidotut kantavat kerrokset	täydellinen	
		Kyllä	Viivat ja pinnat	2140	Päällysteet ja pintarakenteet	täydellinen	
		Kyllä	Viivat ja pinnat	2150	Siirtymärakenteet	ulkopinnat	
		Kyllä	Viivat ja pinnat	2161	Piennartäyte	täydellinen	
R3.5	Rakenteellinen tyyppipoikkileikkaus	Ei	Liite				
R3.6	Paalukohtaiset poikkileikkaukset	Kyllä	Väylämalli				Esitetään näkyminä mallissa
R4	MUUT MAANTIE						Kuten R3
R5	YKSITYSTIET						Kuten R3
R6	KADUT						Kuten R3
R8	MITTAUKSET						
R8.1	Mittaussuunnitelmaselostus	Ei	Liite				
R8.2	Mittausperusta	Ei					Vaati tarkempaa tutkimusta
R8.3	Mittausten yleiskartta	Ei					
R8.4	Mittauskartta	Ei					
R8.5	Mittaustiedot	Ei					Sisällytetään luovutettavaan aineistokokonaisuuteen
R9	POHJARAKENNUS						
R9.1	Pohjatutkimusraportti	Ei	Liite				
R9.2	Geoteknisen suunnittelun raportti	Ei	Liite				
R9.3	Pohjatutkimuskartta	Kyllä	Näkymä				
R9.4	<i>Pohjatutkimukset</i>	Kyllä	2D-objekti	L021	Maa- ja kallioerätutkimukset	ulkopinnat	Infra-pohjatutkimusformaatti
R9.5	Erikoistutkimukset	Kyllä	2D-objekti	L021	Maa- ja kallioerätutkimukset	hankekohtainen	Voidaan esittää myös liitteinä
R9.6	Pohjarakennuksen yleiskartta	Kyllä	Näkymä				
R9.7	Pohjarakennuksen yleiskartta	Kyllä	Näkymä				
R9.7	Pohjarakennuksen leikkauspiirustus	Kyllä	Väylämalli				
R9.8	Siltasuunnitelmaan sisällytettävät geotekniset asiakirjat	Ei	Liite				
R10	VESIEN HALLINTA						
R10.1	Kuivatuskartta	Kyllä	Näkymä	L009	Pintakuivatusjärjestelyt	ulkopinnat	Havainnollisuus, virtausuuntanuolet
R10.2	Laskuajan pituusleikkaus	Kyllä	Väylämalli	1434	Avo-ojat ja -uomat	täydellinen	Havainnollisuus, virtausuuntanuolet

Nro	Suunnitelman osa	Mallinnetaanko?	Esitystapa mallissa	Rakennusosa	Rakennusosan kuvaus	Mallinnustarkkuus	Huomioita
R10.3	Hulevesiviemärin pituusleikkaus	Kyllä	3D-objekti	3120	Hulevesiviemärit	täydellinen	Määrittökset attribuuteille InfraBIM-nimikkeistössä, kohta 8.1.2
	<i>Kaivannot ja täytöt</i>						
		Kyllä	Viivat ja pinnat	L002	Muut geometrialinjat	3D kpl, pinnat, viivat	
		Kyllä	Viivat ja pinnat	1330	Arinarakenteet	täydellinen	Materiaalitiedot
		Kyllä	Viivat ja pinnat	1620	Maakaivannot	3D kpl, pinnat, viivat	1621 - Putki- ja johtokaivannot
		Kyllä	Viivat ja pinnat	1720	Kalliokanaalit, -kuopat ja -syvennykset	täydellinen	1721 - Kalliokanaalit
		Kyllä	Viivat ja pinnat	1831	Asennusaluustat	täydellinen	Materiaalitiedot
		Kyllä	Viivat ja pinnat	1832	Alkutäytöt	täydellinen	Materiaalitiedot
		Kyllä	Viivat ja pinnat	1833	Lopputäytöt	täydellinen	Materiaalitiedot
		Ei	Autom. luettelo				
R10.4	Rumpuluettelo	Kyllä	3D-objekti	1435	Rumpuputket	täydellinen	Rakennusosiin perustuva
R10.5	Rumpupilirustus						Määrittökset attribuuteille InfraBIM-nimikkeistössä, kohta 8.1.3
R10.6	Kaivokortti	Ei	Autom. luettelo				Rakennusosiin perustuva
	<i>Kaivat</i>	Kyllä	3D-objekti	3120	Hulevesiviemärit	täydellinen	Määrittökset attribuuteille InfraBIM-nimikkeistössä, kohta 8.1.1
	<i>Putket</i>	Kyllä	3D-objekti	3120	Hulevesiviemärit	täydellinen	Määrittökset attribuuteille InfraBIM-nimikkeistössä, kohta 8.1.1
R10.7	Pohjaveden suojaus	Kyllä	Viivat, pinnat, 3D-objektit	1423	Pohjavedensuojaukset	3D kpl, pinnat, viivat	
R10.8	Seikerysaltaan pilirustus	Kyllä	Viivat, pinnat, 3D-objektit	1620	Maakaivannot	3D kpl, pinnat, viivat	1629 - Muut maakaivannot
		Kyllä	Viivat, pinnat, 3D-objektit	3120	Hulevesiviemärit	täydellinen	3127 - Hulevesialtaat
R10.9	Hulevesipumppaamo	Kyllä	3D-objekti	3120	Hulevesiviemärit	täydellinen	
R10.9.1	Työselostus	Ei	Lite				
R10.9.2	Pumppaamopilirustus	Kyllä	3D-objekti	3120	Hulevesiviemärit	täydellinen	
R10.10	Peltosalaojien muutostyöt	Kyllä	Viivat, pinnat, 3D-objektit	1431	Salaojaputket	täydellinen	
		Kyllä	Viivat, pinnat, 3D-objektit	1432	Salaojien tarkastuskaivot	ulkopinnat	Määrittökset attribuuteille InfraBIM-nimikkeistössä, kohta 8.1.2
		Kyllä	Viivat, pinnat, 3D-objektit	1433	Salaojien tarkastusputket	ulkopinnat	
R11	JOHDOT JA LAITTEET						
R11.1	Johtokartat	Kyllä	Näkymä				
	<i>Nykyiset johdot ja kaapelit</i>	Kyllä	3D-objekti	C	Lahtötietomalli		Mallinnetaan kuin vastaava suunniteltu putki tai johto
	<i>Telekaapelit</i>	Kyllä	3D-objekti	3310	Sähkön- ja tiedonsiirtorakenteet	täydellinen	Ilmajohdot 3D-taiteivilvana
	<i>Sähkökaapelit</i>	Kyllä	3D-objekti	3310	Sähkön- ja tiedonsiirtorakenteet	täydellinen	Ilmajohdot 3D-taiteivilvana
	<i>Jätevesiviemärit</i>	Kyllä	3D-objekti	3110	Jätevesiviemärit	täydellinen	
	<i>Hulevesiviemärit</i>	Kyllä	3D-objekti	3120	Hulevesiviemärit	täydellinen	
	<i>Vesijohdot</i>	Kyllä	3D-objekti	3130	Vesijohdot	täydellinen	
	<i>Kaukolämpöputket</i>	Kyllä	3D-objekti	3410	Kaukolämpöjohdot	täydellinen	
	<i>Kaukojäähdytysputket</i>	Kyllä	3D-objekti	3420	Kaukojäähdytysjohdot	täydellinen	
	<i>Maakaasuputket</i>	Kyllä	3D-objekti	3440	Maakaasuputkisto	täydellinen	

Nro	Suunnitelman osa	Mallinnetaanko?	Esitystapa mallissa	Rakennusosa	Rakennusosan kuvaus	Mallinnustarkkuus	Huomioita
	<i>Imujätejärjestelmät</i>						
R11.2	Johtojen ja laitteiden suojaputkiluettelo	Kyllä	Autom. luettelo				Tarvitaan nimikkeet ja mallinnusohjeistus
	<i>Suojaputket ja -rakenteet</i>	Ei	3D-objekti	3320	Kaapeleiden putkien ja johtojen suojarakenteet	3D kpl, pinnat, viivat	Rakennusosiin perustuva
R11.3	Vesihuollon erikoispiirustukset	Ei	Lite				Putkipattereissa tilavaraus
R12	TIEMYMPÄRISTÖ						
R12.1	Tieympäristökartta	Kyllä	Näkymä				
	<i>Säilytettävä kasvillisuus</i>	Kyllä	Aluerajaus	1110	Poistettavat, siirrettävät ja suojattavat puut ja muu kasvillisuus	ulkopinnat	Merkittävät kohteet voidaan esittää tarkemmin
	<i>Suojeltavat kohteet (ml. yksittäiset puut)</i>	Kyllä	Aluerajaus	1110	Poistettavat, siirrettävät ja suojattavat puut ja muu kasvillisuus	ulkopinnat	Merkittävät kohteet voidaan esittää tarkemmin
	<i>Maaston muotoilu</i>	Kyllä	Viivat ja pinnat	L024	Maaston muotoilu	3D kpl, pinnat, viivat	
	<i>Meluvaalit</i>	Kyllä	Väylämalli	L002	Muut geometrialinjat	3D kpl, pinnat, viivat	
	<i>Meluseinät</i>	Kyllä	3D-objekti	4511	Meluseinät	3D kpl, pinnat, viivat	Perustusrakenteet mallinnettava
	<i>Istutus- ja metsitysalueet</i>	Kyllä	Aluerajaus	2330	Istutukset	ulkopinnat	
	<i>Aluekohtaiset määräluettelot</i>	Ei	Autom. luettelo				
	<i>Nurmetusalueet ja -luokat</i>	Kyllä	Aluerajaus	2320	Nurmi- ja niittyverhoukset	ulkopinnat	Rakennusosiin perustuva
	<i>Kiveykset</i>	Kyllä	Viivat ja pinnat	2140	Päällysteet ja pintarakenteet	täydellinen	
	<i>Laatoitukset</i>	Kyllä	Viivat ja pinnat	2140	Päällysteet ja pintarakenteet	täydellinen	
	<i>Kivikorit</i>	Kyllä	Viivat ja pinnat	4423	Kivikorit	3D kpl, pinnat, viivat	Voidaan esittää myös 3D-objektina
	<i>Ekologiset käytävät</i>	Kyllä	Aluerajaus	L023	Ekologiset käytävät	ulkopinnat	Kantavat kasvualueet täydellisesti
R12.2	Kasvualueet	Kyllä	Viivat, pinnat, 3D-objektit	2310	Kasvualueet ja katteet	3D kpl, pinnat, viivat	Voidaan esittää pelkinä näkyminä
	<i>Tieympäristön detaljipiirustukset</i>	Kyllä	Näkymä				Voidaan esittää myös 3D-objektina, mikäli malli saatavissa
R12.3	Tietaidekohteen piirustukset	Kyllä	Tilavaraus				
R13	MASSAT JA MÄÄRÄT						
R13.1	Massavarojen yhteenveto	Ei	Tilavuusmalli				
R13.2	Alustava massansiirtosuunnitelma	Ei	Autom. luettelo				
R13.3	Paalu- ja massasiirtosuunnitelma	Ei	Lite				
R13.4	Paalu- ja massasiirtosuunnitelma	Ei	Autom. luettelo				
R13.5	Määräluettelot	Ei	Autom. luettelo				
R13.6	Kaliteluettelo	Ei	Autom. luettelo				
R13.6.1	Maa-ainesten ottoalueet	Kyllä	Näkymä				
R13.6.2	Maa-ainesten ottokartta	Kyllä	Näkymä				
R13.6.3	Maa-ainesten ottopaikan leikkaukset	Kyllä	Näkymä				
	<i>Maa-ainesten ottopaikan viimeistely</i>	Kyllä	Viivat ja pinnat	L024	Maaston muotoilu	3D kpl, pinnat, viivat	
	<i>Maaston muotoilu</i>	Kyllä	Viivat ja pinnat	1434	Avo-ojat ja -uomat	täydellinen	Havainnollisuus, virtausuuntanuolet
	<i>Kuivatus</i>	Kyllä	Viivat ja pinnat				
	<i>Metsitys, istutukset ja nurmetukset</i>	Kyllä	Aluerajaus	2330	Istutukset	ulkopinnat	

Nro	Suunnitelman osa	Mallinnetaanko?	Esitystapa mallissa	Rakennusosa	Rakennusosan kuvaus	Mallinnustarkkuus	Huomioita
R13.7	Läjitysalueet	Kyllä	Aluerajaus	2320	Nurmi- ja niittyverhousket	ulkopinnat	Kerroksittain rakennettavat mallinnettava tarkemmin
R13.7.1	Läjitysalueen kartta	Kyllä	Aluerajaus	L010	Maanotto- ja läjitysalueet	ulkopinnat	
R13.7.2	Läjitysalueen leikkaukset	Kyllä	Näkymä				
R13.8	Pilaantuneiden ja haitta-ainepitoisten maiden kunnostus	Kyllä	Näkymä		Poistettavat pilaantuneet maat ja rakenteet	ulkopinnat	
R13.8.1	Maankunnostuksen työselostus	Ei	Liite	1210			
R13.8.2	Maankunnostuskartta	Kyllä	Näkymä				
R14	TYÖNAIKAISEN LIIKENTEEN JÄRJESTELYT						
	<i>Työnaikaisen liikenteen järjestelykartta</i>	Kyllä	Näkymä				
	<i>Työselostus</i>	Ei	Liite				
R15	SILLAT						
R15.1	Sillan rakennussuunnitelman tekstit ja luettelot	Ei	Liite				
R15.2	Sillan rakennussuunnitelman piirustukset	Kyllä					
	Silta	Kyllä	Siltamalli (IFC)				
	Sillan liittyminen tierakenteisiin	Kyllä					
R16	MUUT TAITORAKENTEET						
	<i>Paalulaatat</i>	Kyllä	3D-objekti	1320	Paaluperustukset	täydellinen	1322 - Paalulaatat
	<i>Melukaiteet</i>	Kyllä	3D-objekti	4512	Melukaide	3D kpl, pinnat, viivat	Perustusrakenteet mallinnettava
	<i>Meluseinät</i>	Kyllä	3D-objekti	4511	Meluseinä	3D kpl, pinnat, viivat	Perustusrakenteet mallinnettava
	<i>Tukimuurit</i>	Kyllä	3D-objekti	4421	Tukimuurit	täydellinen	
	<i>Törmäyskaiteet</i>	Kyllä	3D-objekti	3210	Kaiteet, johteet ja törmäyssuojat	3D kpl, pinnat, viivat	Perustusrakenteet mallinnettava
	<i>Portaat</i>	Kyllä	3D-objekti	4424	Portaat	täydellinen	
R17	VALAISTUS						
R17.1	Työselostus	Ei	Liite				
R17.2	Määräluettelo	Ei	Autom. luettelo				Rakennusosin perustuva
R17.3	Tievalaistuksen yleiskartta	Kyllä	Näkymä				
R17.4	Tievalaistuskartta	Kyllä	Näkymä				
R17.5	Tievalaistuksen tyyppipoikkileikkaus	Ei	Liite				
	<i>Valaisinpylväät ja jalustat</i>	Kyllä	3D-objekti	3360	Valaistusrakenteet	3D kpl, pinnat, viivat	
	<i>Sähkökeskukset</i>	Kyllä	3D-objekti	3360	Valaistusrakenteet	3D kpl, pinnat, viivat	
	<i>Sähkökaapelit</i>	Kyllä	3D-objekti	3310	Sähkön- ja tiedonsiirtorakenteet	täydellinen	Ilmajohdot 3D-taiteiviivana
	<i>Kaapeleiden suojaputket ja kaapelikaivot</i>	Kyllä	3D-objekti	3320	Kaapeleiden putkien ja johtojen suojarakenteet	3D kpl, pinnat, viivat	
R17.6	Tievalaistuksen pylväs- ja jalustaluettelo	Ei	kts. R17.2				
R17.7	Tievalaistuksen suojaputkiluettelo	Ei	kts. R17.2				
R17.8	Sillan valaistuspiirustus	Kyllä	3D-objekti	3360	Valaistusrakenteet	3D kpl, pinnat, viivat	
R17.9	Tievalaistuksen sähköjärjestelmäpiirustukset	Ei	Liite				
R18	KIINTEÄ LIIKENTEEN OHJAUS						

Nro	Suunnitelman osa	Mallinnetaanko?	Esitystapa mallissa	Rakennusosa	Rakennusosan kuvaus	Mallinnustarkkuus	Huomioita
R18.1	Työselostus	Ei	Liite				
R18.2	Määräluettelo	Ei	Autom. luettelo				Rakennusosiin perustuva
R18.3	Klientä liikenteen ohjaus, Yleiskartta	Kyllä	Näkymä				
R18.4	Klientä liikenteen ohjaus, Kartta	Kyllä	Näkymä				
	<i>Liikenne- ja opastusmerkit</i>	Kyllä	3D-objekti	3261	Liikenne- ja opastusmerkit	3D kpl, pinnat, viivat	
	<i>Tiimerkinnät</i>	Kyllä	3D-tila	3263	Tiimerkinnät	ulkopinnat	
R18.5	Opastusmerkin mitoituspiirustus	Kyllä	kts. R18.4				
R18.6	Klientä liikenteen ohjaus, Portaalin yleispiirustus	Kyllä	3D-objekti	3334	Portaalit	3D kpl, pinnat, viivat	Perustusrakenteet mallinnettava
R18.7	Klientä liikenteen ohjaus, Portaalliluettelo	Ei	Autom. luettelo				Rakennusosiin perustuva
R18.8	Klientä liikenteen ohjaus, Perustettavan pylvään yleispiirustus	Kyllä	3D-objekti	3331	Pylväät	3D kpl, pinnat, viivat	Perustusrakenteet mallinnettava
R18.9	Klientä liikenteen ohjaus, Perustettavien pylväiden luettelo	Ei	Autom. luettelo				Rakennusosiin perustuva
R18.10	Liikenne- ja opastusmerkit	Ei	Autom. luettelo				Rakennusosiin perustuva
R19	LIKENNEVALO-OHJAUS						
R19.1	Suunnitelmaselostus	Ei	Liite				
R19.2	Työkohtaiset laatuvaatimukset ja työselostus	Ei	Liite				
R19.3	Määräluettelo	Ei	Autom. luettelo				Rakennusosiin perustuva
R19.4	Liikennevalo-ohjauksen yleiskartta	Kyllä	Näkymä				
R19.5	Liikennevalo-ohjauksen kartta	Kyllä	Näkymä				
	<i>Liikennevalot</i>	Kyllä	3D-objekti	3262	Liikennevalot ja valo-opasteet	3D kpl, pinnat, viivat	Perustusrakenteet mallinnettava
	<i>Portaalit</i>	Kyllä	3D-objekti	3334	Portaalit	3D kpl, pinnat, viivat	Perustusrakenteet mallinnettava
R19.6	Liikennevalo-ohjauksen kaapelointikaavio	Ei	Liite				Rakennusosiin perustuva
R19.7	Liikennevalo-ohjauksen suojaputkiluettelo	Ei	Autom. luettelo				
R19.8	Opastinryhmien ja ilmaisimien perusohjelmoinnin asiakirjat	Ei	Liite				
R19.9	Laitetoimitajan laatimat asiakirjat	Ei	Liite				
R20	TELEMATIikka						
R20.1	Liikenteen hallintajärjestelmän toimintaperiaatteet	Ei	Liite				
R20.2	Telematiikan liikennetekninen järjestelmäkaavio	Ei	Liite				
R20.3	Liikenteen hallinnan käyttöliittymän toiminnalliset vaatimukset	Ei	Liite				
R20.4	Telematiikkalaitteiden toiminnalliset ja tekniset vaatimukset	Ei	Liite				
R20.5	Telematiikan työselostus	Ei	Liite				
R20.6	Määräluettelo	Ei	Autom. luettelo				Rakennusosiin perustuva
R20.7	Telematiikan laite- ja opasteluettelo	Ei	Autom. luettelo				Rakennusosiin perustuva
R20.8	Telematiikkakartta	Kyllä	Näkymä				
R20.9	Telematiikan portaalit- ja pylväsluettelo	Ei	Autom. luettelo				Rakennusosiin perustuva

Nro	Suunnitelman osa	Mallinnetaanko?	Esitystapa mallissa	Rakennusosa	Rakennusosan kuvaus	Mallinnustarkkuus	Huomioita
R20.10	Telematikan portaalien ja pylväiden yleispiirustus	Kyllä	3D-objekti	3331	Pylväät	3D kpl, pinnat, viivat	Perustusrakenteet mallinnettava
R20.11	Telematikan opasteiden mitoituspiirustukset	Kyllä	3D-objekti	3334	Portaalit	3D kpl, pinnat, viivat	Perustusrakenteet mallinnettava
R20.12	Telematikan sähkö-, tietoliikenne- ja ohjausjärjestelmäsuunnitelmat	Kyllä	3D-objekti	3264	Informaatiotaulut	3D kpl, pinnat, viivat	Perustusrakenteet mallinnettava
R20.12.1	Periaate- ja järjestelmäkaaviot	Ei	Liite				
R20.12.2	Luettelot	Ei					
R20.12.2.1	Kaapelluettelo	Ei	Autom. luettelo				
R20.12.2.2	Laiteluettelo	Ei	Autom. luettelo				Rakennusosiin perustuva Rakennusosiin perustuva
R20.12.2.3	Kytkentätaulukot	Ei	Liite				
R20.12.2.4	Telematikan suojaputki- ja kaapelikaivoluettelo	Ei	Autom. luettelo				Rakennusosiin perustuva
R20.12.2.5	I/O-luettelo	Ei	Liite				
R20.12.3	Alustavat kokoonpanopiirustukset	Kyllä	3D-objekti	3350	Laitetilat, kojut ja kaapit	3D kpl, pinnat, viivat	
R20.12.4	Pääkaaviot	Ei	Liite				
R20.12.5	Piirikaaviot	Ei	Liite				
R20.13	Telematikan testaus ja käyttöönotto	Ei					
R20.13.1	Testauksen ja käyttöönoton velvoitteet ja ohjeistus	Ei	Liite				
R20.13.2	Telematikan alustava käyttö- ja hoitoasiakirjan sisältö	Ei	Liite				
R20.14	Laitetoimittajan laatimat asiakirjat	Ei	Liite				
R21	TUNNELIT						
R21.4	Suuaukkokaivannot	Kyllä					
R21.4.1	Suuaukon pohjapiirustus	Kyllä	Näkymä				
R21.4.2	Suuaukon leikkauspiirustus	Kyllä	Näkymä				
R21.4.3	Suuaukon seinäpiirustus	Kyllä	Näkymä				
R21.4.4	Suuaukon kanaalien ja kuoppien louhintapiirustus	Kyllä	Näkymä				
	Tunnelin suuaukko	Kyllä	3D-objekti	1510	Kallioinjektioinnit	3D kpl, pinnat, viivat	
		Kyllä	3D-objekti	1520	Mekaanisesti lujitetut kalliorakenteet	3D kpl, pinnat, viivat	
		Kyllä	3D-objekti	1530	Ruiskubetonointirakenteet	3D kpl, pinnat, viivat	
		Kyllä	3D-objekti	1760	Maanalaiset kalliotilat	3D kpl, pinnat, viivat täydellinen	1761 - Maanalaiset kalliotilat
R24	SUUNNITTELUAINEISTO						
R24.1	Kustannusarvio	Ei	Autom. luettelo				
R24.2	Yhteensovituspierustukset	Kyllä	Tekninen yhdistelmämalli				Rakennusosiin perustuva

Sarakkeessa "Rakennusosa" esitetyt L-alkuiset rakennusosat ovat lisätyitä, joita ei vielä ole rakennusosanimikkeistössä. (Esim. L001 Vaaka- ja pystygeometria)
Sarakkeessa "Mallinnustarkkuus" on esitetty kursivoituna ja lihavoituna ne kohdat, joihin on tehty muutoksia suhteessa nykyisiin ohjeisiin.